

Gaston Bachelard

Le matérialisme
rationnel



QUADRIGE / PUF

ISBN 978-2-13-058540-4
ISSN 0291-0489

Dépôt légal – 1^{re} édition : 1953
4^e édition « Quadriga » : 2010, novembre
© Presses Universitaires de France, 1953
Bibliothèque de Philosophie contemporaine
6, avenue Reille, 75014 Paris

INTRODUCTION

PHÉNOMÉNOLOGIE ET MATÉRIALITÉ

« Il faudra offrir encore à la matière de grands sacrifices pour qu'elle pardonne les vieilles offenses. »

Henri HEINE, *De l'Allemagne*,
nouv. édit., 1884, t. I, p. 81.

I

Dès qu'on suit l'évolution des connaissances scientifiques sur la matière dans la période contemporaine, on est amené à s'étonner que le matérialisme puisse encore être tenu, par les philosophes, comme une philosophie simple, voire comme une philosophie simpliste. En effet, les problèmes envisagés par les sciences de la matière se multiplient actuellement et se diversifient avec une telle rapidité que le matérialisme scientifique — si seulement on le suit dans le détail de ses pensées effectives — est en passe de devenir la philosophie la plus complexe et la plus variable qui soit. On choquerait un psychologue en lui disant que les combinaisons psychologiques sont moins nombreuses et moins délicates que les combinaisons chimiques. Et pourtant les faits sont là : la production d'idées et d'expériences, dans la chimie contemporaine, dépasse la mémoire d'un homme, l'imagination d'un homme, la puissance de compréhension d'un homme. Il faut ici — nous le remarquerons souvent — que les hommes s'unissent pour savoir et pour comprendre, pour toucher aux points d'où part le mouvement du savoir. Inutile de répéter que l'homme est ondoyant et divers. Il « ondoie » faiblement et sa diversité contingente cache mal une pauvreté profonde. Pour trouver, dans l'homme même, une véritable richesse psychologique, une voie certaine est d'aller chercher cette richesse au sommet des pensées. On peut alors saisir l'homme dans sa volonté d'œuvre coordonnée, dans la tension de la volonté de penser, dans tous ses efforts pour rectifier, diversifier, dépasser sa propre nature. Et les preuves les

plus tangibles de ce « dépassement », ne les trouverons-nous pas dans le dépassement de la commune expérience, dans le dépassement de la nature elle-même ? Car, qu'on le veuille ou non, tout se double, dans l'homme, par la connaissance. A elle seule, la connaissance est un plan de l'être, elle est le plan de potentialité de l'être, potentialité qui s'accroît et se renouvelle dans la mesure même où la connaissance s'accroît. La science contemporaine fait entrer l'homme dans un monde nouveau. Si l'homme pense la science, il se renouvelle en tant qu'homme pensant. Il accède à une hiérarchie indéniable des pensées. Il ne se diversifie pas seulement dans la vie contingente d'un Montaigne. Il se diversifie « en hauteur », hiérarchiquement.

Si l'on prend d'ailleurs la connaissance scientifique dans son aspect moderne en réalisant au mieux toute son *actualité*, on ne peut manquer de mettre en valeur son caractère social bien défini. Ensemble, les savants s'unissent dans une cellule de la cité scientifique, non seulement pour comprendre, mais encore pour se diversifier, pour activer toutes les dialectiques qui vont des problèmes précis aux solutions originales. La diversification elle-même, comme elle doit faire la preuve socialement de sa validité, n'est pas totalement individualiste. Cette socialisation intense, clairement cohérente, sûre de ses bases, ardentes dans ses différenciations, voilà encore un *fait*, un fait d'une singulière actualité. N'en pas tenir compte, c'est verser dans une utopie gnoséologique, l'utopie de l'individualisme du savoir.

Et de ce caractère social, il faut en tenir compte tout de suite, puisque la pensée essentiellement progressive de la science de la matière part de là en nette rupture avec tout matérialisme « naturel ». Le départ culturel de la science prime désormais tout départ naturel. Être un chimiste, c'est se mettre en situation culturelle, en prenant place, en prenant rang, dans une cité scientifique nettement déterminée par la modernité de la recherche. Tout individualisme serait un anachronisme. Cet anachronisme, on le sent dès le premier effort de culture. A qui veut faire la psychologie de l'esprit scientifique, pas de meilleur moyen que de suivre un axe précis de progrès, de vivre la croissance d'un arbre de la connaissance, la généalogie même de la vérité progressive. Dans l'axe du progrès de la connaissance scientifique, l'essence de la vérité est solidaire de sa croissance, solidaire de l'extension de son champ de preuves.

Alors, si l'homme moderne se rend vraiment le sujet de la pensée scientifique au travail, s'il mesure la puissance d'instruction propre à la science de notre temps, s'il prend conscience de la

communauté d'esprit qu'exige, entre travailleurs, la science d'aujourd'hui, il lui faudra bien reconnaître, dans l'être même de la connaissance, une complexité explicite qui n'a rien à voir avec la vaine affirmation d'une complexité qui serait en réserve dans les choses.

Cette dernière complexité en profondeur dans les choses est toujours, dans les propositions des philosophes, systématiquement implicite. Du côté du sujet, elle n'est guère que le conglomerat de ses échecs de connaissance, souvent même un groupe de questions mal posées, un entêtement à poser des questions naïves, des questions « premières », alors que la pensée scientifique déplace sans cesse les « questions premières ». Du côté de l'objet, la complexité implicite est affirmée comme une potentialité indéfinie, livrée à l'occasionalisme d'une enquête individuelle, enquête qui ne saurait désormais avoir une efficacité comparable aux recherches fortement coordonnées de la cité scientifique.

Nous aurons à montrer, dans cet ouvrage, que la cité culturelle du matérialisme ne le cède à aucune autre en potentialités et que cette cité culturelle est susceptible de déterminer des réactions consciencielles très profondes. Car enfin, toutes les pensées portent le signe de l'être pensant et une analyse chimique est *aussi* une analyse de pensées. Nous aurons mille preuves d'un esprit de finesse dans la pratique matérialiste si nous suivons l'histoire de la chimie. Une psychologie complexe accompagne nécessairement une science complexe. Le matérialisme scientifique, examiné psychologiquement, nous apparaîtra comme une psychologie très finement structurée réclamant d'innombrables renversements de perspective, au point qu'on peut mettre en valeur un *nouvel esprit matérialiste*.

Nous aurons donc à insister longuement sur l'inefficacité d'un matérialisme massif, d'un matérialisme immobilisé. Il nous faudra aussi souligner le manque de puissance d'expériences qui est la marque d'un matérialisme immédiat, matérialisme tout de suite satisfait par ses premières expériences.

C'est ce matérialisme massif, ingénu, périmé qui sert de cible aux critiques faciles de la philosophie idéaliste. Nombreux sont ainsi les philosophes qui s'exercent contre un fantôme démodé. Comparé à la connaissance actuelle des diverses instances du matérialisme scientifique (instances mécanique, physique, chimique, électrique), on peut bien dire que le matérialisme philosophique traditionnel est un *matérialisme sans matière*, un matérialisme tout métaphorique, une philosophie dont les métaphores ont été l'une après l'autre déracinées par les progrès de la science.

Est-il encore un chimiste pour essayer de relier les images des 4 éléments matériels et les propriétés des substances chimiques ? Finalement, le philosophe idéaliste ne dirige ses traits que contre ses propres notions, contre les idées désuètes qu'il se fait de la matière.

Il nous paraît donc nécessaire d'étudier vraiment *le matérialisme de la matière*, le matérialisme instruit par l'énorme pluralité des matières différentes, le matérialisme expérimentateur, réel, progressif, humainement instructeur. Nous verrons qu'après l'échec des essais rationalistes prématurés, se constitue vraiment, dans la science contemporaine, un *rationalisme matérialiste*. Nous aurons ainsi à présenter un nouvel ensemble de preuves qui confirment, croyons-nous, les thèses que nous avons soutenues dans nos deux derniers ouvrages sous les titres : *Le rationalisme appliqué* (Paris, P. U. F., 1949) et *L'activité rationaliste de la physique contemporaine* (Paris, P. U. F., 1951). Le matérialisme, lui aussi, est entré dans une ère de rationalisme actif. Vient d'apparaître dans les doctrines scientifiques une *chimie mathématique* dans le style même où l'on parle de *physique mathématique*. Le rationalisme dirige les expériences sur la matière, il ordonne une diversité sans cesse croissante de matières nouvelles. Symétriquement au *rationalisme appliqué*, on peut bien maintenant, parler, croyons-nous, d'un *matérialisme ordonné*.

II

Avant d'examiner les intensités d'intérêts philosophiques qui sont impliqués dans la connaissance des phénomènes chimiques, nous devons souligner le prodigieux engagement de pensée que manifeste, en quelque manière *historiquement*, la chimie contemporaine. Étant donné l'accroissement extraordinaire de sa *problématique*, la science de la matière se présente maintenant — dans une acception que nous allons préciser — comme une *science d'avenir*.

D'abord il y a une question de fait : l'avenir des connaissances de la matière a pris, en deux petits siècles, une telle variété de perspectives qu'aucun cerveau humain ne peut prévoir les plus prochains bilans des découvertes expérimentales, non plus que les mutations théoriques probables. La chimie est actuellement une science « ouverte » où la problématique prolifère.

Cet avenir est grave. On est arrivé à un point de l'histoire où l'avenir de la chimie engage l'avenir du genre humain, tant il est

vrai que le destin de l'homme est lié au destin de ses pensées. Par la chimie et la physique nucléaire, l'homme reçoit d'inattendus moyens de puissance, des moyens *positifs* qui dépassent toutes les rêveries de puissance du philosophe. Le matérialisme instruit, qui n'est pas uniquement une philosophie spéculative, arme une volonté de puissance, volonté qui s'excite par la puissance même des moyens offerts. Il semble que, là aussi, sur le plan psychologique, la volonté de puissance connaisse une réaction en chaîne. Plus on peut, plus on veut. Plus on veut, plus on peut. Tant que la volonté de puissance était naïve, tant qu'elle était philosophique, tant qu'elle était nietzschéenne, elle n'était efficace — pour le bien comme pour le mal — qu'à l'échelle individuelle. Nietzsche agit sur ses lecteurs ; un lecteur nietzschéen qui se fait auteur n'a qu'une action dérisoire. Mais, dès que l'homme s'empare effectivement des puissances de la matière, dès qu'il ne rêve plus éléments intangibles et atomes crochus, mais qu'il organise réellement des corps nouveaux et administre des forces réelles, il aborde à la volonté de puissance pourvue d'une vérification *objective*. Il devient magicien véridique, *démon positif*.

Et il enseigne une *magie vraie*. Il enrichit l'avenir en lui conférant une volonté de puissance *prouvée*. De ce fait, la liaison de la volonté de puissance et de la volonté de savoir devient étroite et durable. Cette liaison s'inscrit dans l'avenir de l'homme. Elle fait de la chimie et de la physique nucléaire positivement des *sciences d'avenir*. En comparaison avec le chimiste moderne enseignant sa science, formant des écoles, agissant dans les usines, comme il était faible le lien d'alchimiste initiateur à alchimiste initié ! On peut retrouver des rêves, on ne peut guère les « apprendre » d'un autre, encore moins les « enseigner ». L'alchimiste ne pouvait transmettre *objectivement* ses songes. Il travaillait à un niveau de la psyché humaine où « l'objectivité » a besoin d'un tel renversement de la perspective qu'il faut attendre la science psychologique du *xx^e* siècle pour l'assumer clairement par une détermination de l'objectivité de la subjectivité profonde. Mais, cette fois, dans la science moderne, la transmission objective du savoir objectif est assurée. D'une génération à une autre, l'héritage de vérités — en est-il d'autre ? — est garanti. On peut certes imaginer des utopies de perte de la pensée scientifique. Mais ce sont là des jeux d'esprit que rien, dans l'essentiel élan de la pensée scientifique, ne justifie. La chimie n'est pas une mode. Ce n'est pas une doctrine passagère. Elle s'affirme, par son industrialisation, dans un niveau de réalité qui lui donne une continuité régulière — parfois une *continuité lourde* qui ralentit les révolutions utiles.

Et la chimie a désormais la cohérence des livres, la permanence des énormes bibliothèques ! Souvent l'imagination des prophètes de malheur ne dépasse pas le souvenir de l'incendie de la bibliothèque d'Alexandrie : si tous les livres de chimie étaient livrés aux flammes, la civilisation chimique ne serait-elle pas anéantie ? Oui, mais comment désormais saisir de par le monde *tous* les livres dans *un* incendie historique ? Nous n'évoquons cette pauvre discussion que pour ne pas laisser une objection en arrière. En fait, on ne détruit vraiment un livre de science qu'en le contredisant d'abord et en le dépassant ensuite. La chimie bénéficie, comme toutes les sciences fortement constituées, d'un matérialisme historique autonome. Ou, plus exactement, son développement, désormais si nécessairement impliqué dans les nécessités économiques, dessine une ligne particulièrement nette du matérialisme dialectique.

La chimie a donc l'avenir d'une des plus grandes réalités de la pensée et de l'action humaines.

Mais c'est à un autre point de vue que nous nous plaçons pour dire que la science de la matière est une *science d'avenir*.

Nous voulons en effet caractériser les connaissances nouvelles en soulignant les nécessaires révolutions épistémologiques qu'elles impliquent. Dans cette perspective, la chimie est une science d'avenir parce qu'elle est, de plus en plus, une science qui *déserte son passé*. Et ce n'est pas sans raison. La chimie, dans son effort moderne, se révèle en effet comme une science ayant été *primitivement mal fondée*. La conscience claire de son état présent lui permet de découvrir l'extraordinaire vanité de sa lointaine histoire. C'est là un aspect épistémologique que nous aurons à mettre en lumière, dans le présent essai, quand nous aurons pu établir que le matérialisme instruit est devenu un canton du rationalisme appliqué.

Sans remonter à la préhistoire de la chimie, l'histoire récente elle-même abonde en remaniements si profonds que le développement de la science en est dialectisé de part en part. Les mots subsistent, mais sous la permanence des noms, il y a une variation radicale des concepts. Les concepts de base n'y ont quasiment jamais une validité qui dure plus d'une génération. On l'a bien vu, au milieu du siècle dernier, au temps où les jeunes chimistes Auguste Laurent et Charles Gerhardt luttèrent contre la science de Berzélius. Une autre preuve de révolution profonde qui reste une révolution sourde est l'incroyable inattention de la chimie constituée au moment où les Lothar Meyer et les Mendéléeff

formulaient les premières lois de la périodicité des éléments chimiques rangés par poids atomiques croissants. A ce point de l'histoire — nous le voyons maintenant — le thème de l'ordre des substances s'établissait en une nouvelle perspective qui rejetait au passé révolu tous les motifs de classification ancienne.

Ainsi le matérialisme scientifique est constamment en instance de *nouvelle fondation*. Sans cesse, depuis deux siècles, il est repris comme une doctrine qui se fonde sur l'essentielle activité de découverte de l'esprit humain. Alors, paradoxalement, ce qui est nouveau est fondamental. En 1864, Berthelot écrivait : « Depuis quatre-vingts ans on ne cesse de fonder en chimie organique (1). » Cette *fondation incessante* est, de nos jours plus que jamais, éminemment en acte.

On se tromperait cependant si l'on voyait là une référence au poncif de la *contingence de la découverte*. Si le matérialisme scientifique est une *science d'avenir*, c'est que sa rationalité est précisément productrice de découvertes. Vue dans sa perspective de rationalité, la découverte n'est plus vraiment contingente. La contingence des découvertes scientifiques n'est souvent qu'une optique d'ignorant. Les découvertes scientifiques viennent ainsi *surprendre* ceux qui ne font pas l'effort de *comprendre*, ceux qui ne bénéficient pas de la *tension de recherches* qui anime la cité scientifique. Certes les émerveillements de culture ne manquent pas dans la vie de la cité scientifique, mais devant une nouvelle découverte le savant moderne est *émerveillé en comprenant*. Dans les cantons scientifiques où suivant l'expression de Georges Bouligand « la synthèse globale » et la problématique sont bien dialectiquement associées, on voit nettement que la synthèse globale, consciente de l'acquis de la science, prépare l'avenir de la science. Ainsi la rationalité sans cesse accrue de la chimie donne au chimiste la conscience de l'*avenir proche* de la science. L'avenir proche ? Le seul avenir qui ait un sens. L'élan d'avenir d'une science moderne est solidaire de l'ensemble des problèmes bien posés.

En somme, un rationalisme de plus en plus opérant s'insinue dans le réalisme naïf de la chimie, dans le *matérialisme naïf*. Ce rationalisme en acte réclame de nouvelles expériences et discrédite sans cesse des expériences immédiates. C'est le rationalisme qui, peu à peu, pose les problèmes. Il est la conscience même des problèmes qui se posent, des problèmes qui *doivent être posés*.

(1) Marcelin BERTHELOT, *Leçons sur les méthodes générales en chimie organique*, p. 8.

Alors commencent les seules polémiques utiles, les polémiques serrées du rationalisme matérialiste et du réalisme matérialiste. En comparaison de telles polémiques de coopération, les polémiques traditionnelles entre idéalisme et réalisme sont des oppositions trop lointaines. Ces polémiques traditionnelles sont des joutes d'apparat. Pour avoir des polémiques réelles et utiles il faut participer au double progrès de la pensée théorique formulée en système rationnel et de l'activité expérimentale aiguisée par la technique. Alors on se rend compte que le matérialisme scientifique se fonde en vertu d'une *rationalité progressive*, par une élimination de plus en plus poussée de l'irrationalité des substances, par l'annulation de la contingence relative des diverses substances. Nous aurons à revenir sur cette élimination progressive de l'irrationalité que le philosophe aime à affirmer à la racine des choses ainsi que sur la contingence du divers, thème favori des philosophes. Mais du simple point de vue historique, il est bien apparent que le progrès de la chimie moderne est conditionné par une mise en ordre des valeurs de rationalité.

Sans cette mise en ordre des *valeurs de rationalité*, on ne peut préparer les déterminations précises des *valeurs de matérialité*. Une bonne *analyse* matérielle est solidaire d'une bonne *synthèse* des notions. En effet, tant que les éléments chimiques ne sont pas connus avec des *garanties de pureté suffisantes*, garanties nettement codifiées en des critères de pureté bien coordonnés dans une synthèse de lois rationnelles, on ne peut vraiment pas parler d'une *chimie bien fondée*. L'à-peu-près dans l'ordre de la matière interdit un rationalisme de la matière. Rien ne peut être *fondé* sans une doctrine très élaborée des éléments matériels bien distingués. Une histoire de la chimie progressive est, à bien des égards, une histoire des progrès des critères de pureté attachés à l'analyse des substances.

III

Mais les philosophes ne s'intéressent pas à ces difficiles progrès. Ils veulent toujours *fonder une fois pour toutes*. Ils croient facilement que la matière apporte, à elle seule, une garantie de réalisme de sorte que les connaissances subséquentes sur la matière sont automatiquement bien fondées, étant fondées sur les expériences premières. Bref, les philosophes simplifient à l'extrême les thèmes philosophiques touchant la matière, aussi évitent-ils tout long débat avec le matérialisme instruit. Ils bloquent le matérialisme sur un primitif concept général de matière, sur un concept sans élaboration expérimentale, et ils se donnent ainsi

le droit d'ignorer la science discursive effective de la pluralité des matières dans le temps même où ils dissertent sur la matière en général.

S'il s'agissait du problème des *formes* de la réalité matérielle, les philosophes seraient plus réceptifs. La forme est, pour eux, déjà une preuve. A la forme sont donnés, dans certaines philosophies, des privilèges inconditionnés, des privilèges *a priori*. Il y a, dans les formes et leur construction, une sorte de pureté philosophique qui permet, semble-t-il, une union progressive continue qui va des conceptions simples aux conceptions savantes. A l'encontre de la pureté matérielle, il semble que la pureté des formes soit initiale. On s'explique alors cette tentation, sans cesse active dans l'histoire de la philosophie, d'expliquer la matière par la forme, de proposer des géométries d'atomes, en accumulant et ajustant des images polyédriques, des images d'angles et de crochets, de vis et de cannelures, sans jamais vouloir prendre en considération une instance *matérielle*, une instance directement matérielle, sans jamais mettre vraiment l'esprit d'accord avec l'expérience positive des propriétés de la matière, sans surtout s'instruire par l'examen de l'action matérielle les unes sur les autres. On veut bien *imaginer* des transformations de formes. On ne veut pas étudier des transactions de matière.

Mais il y a encore en philosophie une position plus paradoxale. C'est celle de certains philosophes idéalistes qui posent purement et simplement la matière d'une manière antithétique vis-à-vis de la forme. Ils dissertent de la matière parfois vraiment par antithèse. La matière est pour eux une anti-forme, le néant de la forme. Et, comme pour eux la forme est être, la matière est finalement le non-être. Dans d'autres conceptions de l'idéalisme naïf, la matière est un réceptacle d'irrationalités non définies, non définissables, non situées, d'irrationalités sans aucun préambule de rationalité. Ou bien encore la matière est un fonds d'indifférence qui attend les puissances différenciantes de l'action humaine. Ainsi, pauvre réalisation du chaos, la matière est à la fois l'informe et l'informulable ; elle reçoit toutes les nuances péjoratives qui vont de l'innomé à l'innommable.

D'ailleurs, dans bien des pratiques alchimiques, on trouve la tendance à ramener curieusement la matière à la plus extrême pauvreté, à un zéro d'être. On veut qu'elle soit, non seulement privation de formes, mais encore privation de qualités. Par exemple, on la désodorise pour pouvoir ensuite la parfumer. De cette pratique on fait facilement une idée philosophique. On vise, au-delà de longues manipulations, la matière vraiment première

qui n'est rien et qui, par là même, est propre à tout. Une telle matière peut recevoir toutes les qualités comme elle peut recevoir toutes les formes. Elle est vraiment une « matière philosophique ». Elle est la réalisation d'une idée simple. Autrement dit, à la matière si diverse dans sa phénoménalité, on a donné le statut d'idée simple.

Étant donné la prédominance des philosophes idéalistes dans la culture traditionnelle, on n'a pas à s'étonner que l'instance matérielle n'ait pas reçu une attention suffisante de la part des philosophes. Mais puisque, dans cette introduction, nous indiquons brièvement les thèmes sur lesquels nous reviendrons souvent dans cet essai, disons tout de suite à quelles conditions on peut établir une philosophie *directe* de la matière, une philosophie qui cesserait de poser la connaissance de la matière comme une connaissance subalterne, bref une philosophie qui ne reconnaîtrait pas les privilèges idéalistes de la forme.

IV

La première instance spécifique de la notion de matière est la *résistance*.

Or, précisément, c'est là une instance qui est proprement étrangère à la *contemplation philosophique*. En fait, cette attitude contemplative qui est un des caractères les plus communs de la philosophie, ne correspond pas simplement à un *temps particulier* du travail philosophique ; c'est le temps initial, le temps du commencement, assumé d'une manière plus ou moins factice par la philosophie idéaliste. Dans le détail de la recherche philosophique, dans la suite des méditations qui reçoivent cependant des numéros, cette attitude *première* ne fléchit guère. Toute attitude philosophique a la curieuse aptitude à s'instituer comme première. Alors, pour un philosophe, la notion d'objet ne paraît se présenter que comme un corrélat de l'attitude objective, attitude qu'on définirait volontiers comme attendant les objets, comme préliminaire à la recherche objective. Cette attitude objective refuse le contact, elle prend ses distances à l'égard de l'objet. Sans doute on étudiera par la suite la résistance de l'objet, mais d'abord on veut *voir* l'objet, le voir à distance, en faire le tour, en faire un petit centre autour duquel l'esprit dirigera le feu tournant de ses catégories.

Si l'on commence ainsi la philosophie avec une notion d'objet prise sans la considération de la matière, si l'on rompt, au départ, l'essentielle solidarité : objet-matière, on se condamne à rester

sur l'axe d'une philosophie de la contemplation, on restera le premier sujet qu'on a accepté d'être, le sujet contemplant. On ne pourra plus jamais débarrasser la philosophie du privilège des déterminations *visuelles*. La phénoménologie classique s'exprime avec complaisance en termes de *visées*. La conscience est alors associée à une intentionnalité toute directionnelle. De ce fait, il lui est attribué une centralité excessive. Elle est un centre d'où se dispersent les lignes de recherches. Elle est vouée à toutes les affirmations immédiates de l'idéalisme.

Alors les obstacles *matériels* sont, tout de suite, des contradictions si totales, si irrationnelles qu'on perdrait son temps à les résoudre. On retourne au centre des visées pour recommencer à contempler. A la visée répondent des signes, des étiquettes, des noms d'objets. On organise le tout en science formelle, en système de significations, en logos. Mais les contradictions de la matière ne sont pas évincées pour si peu. Les visées contredites par une expérience de la matière provoquent des désharmonies dans l'intentionnalité, voire des décoordinations de l'être vivant. A la gratuité des actes de simple visée fait écho l'absurdité du monde visé. La pensée ne travaille plus sur l'obstacle; elle ne persiste pas dans une expérience déterminée; elle ne prolonge pas son effort au delà des premiers échecs; elle se complait dans sa liberté de viser ailleurs. Être libre, c'est aller se faire embarrasser ailleurs, plus tard, autrement.

Mais il est inutile d'insister sur l'insuffisance d'une désignation, par la visée, du complexe : objet-matière, car c'est toute philosophie *première*, fût-ce une philosophie de la volonté, qui manque à nous procurer la *conscience du travail*, conscience spécifique vraiment solidaire de la résistance de la matière.

Plus que toute autre philosophie, le matérialisme, s'il part vraiment des expériences sur la matière, nous offre un véritable champ d'obstacles. La notion de *champ d'obstacles* doit alors dominer la *notion de situation*. L'obstacle suscite le travail, la situation s'expose en descriptions. La situation ne peut être que la topologie des obstacles; les projets vont contre les obstacles. Alors le matérialisme actif commence et toute philosophie qui travaille trouvera, pour le moins, ses métaphores, la force même de ses expressions, bref tout son langage dans la résistance de la matière. On ne pourra vraiment faire une philosophie de l'action que lorsqu'une philosophie de la matière aura dégagé les traits caractéristiques de la *conscience opiniâtre*. Cette conscience opiniâtre pourvue d'un travail est une sorte de renforcement de la conscience qui a un objet. Le caractère directionnel de la cons-

science s'inscrit fortement dans la réalité. La conscience est obligée de se continuer dans sa ligne, de se redoubler pour raffermir et augmenter l'effort du corps ; sans la *résistance* de la matière, une philosophie de la volonté reste, comme il est assez visible dans la philosophie de Schopenhauer, une philosophie idéaliste.

Sans que nous puissions ici développer ces vues sur une philosophie de la volonté, disons rapidement comment devrait s'engager, selon nous, une phénoménologie matérialiste. Elle devrait, croyons-nous, au départ, se concentrer sur les questions suivantes : peut-on réveiller la conscience au contact même de la matérialité ? — autrement dit, la prise de conscience peut-elle se faire tout de suite devant cet au-delà de l'objet qu'est la matière ? — la conscience opiniâtre reçoit-elle une diversité devant la résistance diverse des diverses matières ? — La conscience du travail ne conduit-elle pas à des temporalités diverses, à des temporalités multiples selon que le travail est dur ou facile, nouveau ou automatique ? — La conscience opiniâtre peut-elle former des idées, des schémas, des hypothèses touchant la résistance matérielle ? — La conscience opiniâtre peut-elle formuler des *projets* matérialistes en préparant l'administration des forces à susciter ?

Mais, dans le présent ouvrage, nous n'avons pas à étudier ces questions. Nous ne les indiquons que pour appeler l'attention des philosophes sur la notion de résistance. C'est là une instance de la réalité qui régit l'homme dynamisé par son travail. Mais, encore une fois, l'étude des réactions de la résistance du côté du sujet n'est pas présentement notre problème. Nous allons accumuler nos remarques du côté objectif. Le matérialisme technique va nous permettre de montrer l'extraordinaire développement de la notion de résistance du côté de la connaissance tout objective.

V

Il se trouve en effet que cette notion reçoit de la technique moderne une élaboration considérable. Cette élaboration constitue des substances qui sont données avec des *garanties de résistance*, comme les substances chimiques sont livrées par l'industrie au laboratoire avec des *garanties de pureté*. Ces substances à garantie de résistance peuvent être considérées comme des *absolus* sur lesquels on n'a plus à revenir quand on aborde les problèmes de la construction. Des substances avec garantie de résistance sont donc les éléments du rationalisme matérialiste. La doctrine de la *résistance des matériaux* double ainsi toute doctrine de la géomé-

trie de la construction. A la doctrine philosophique des *solides* souvent évoquée par le bergsonisme à propos de l'*homo faber*, il faut adjoindre une doctrine de la *solidité*. Un bergsonien objectera sans doute que la *solidité* est une obligation supplémentaire, donc une obligation seconde, qu'elle est de l'ordre des *moyens* pour réaliser une fin, pour réaliser dans le métal ou la pierre un projet de construction formulé sur un plan géométrique. Mais une telle segmentation prépare mal à l'étude des valeurs philosophiques de la pensée théorique, et, même au départ, elle mutile la psychologie de l'*homo faber*. Dans bien des cas, le solide ne peut recevoir sa forme géométrique qu'en fonction de sa solidité. La matière est alors la considération principale. Plus précise doit devenir la forme, plus il devient urgent d'avoir égard à la matière qui la reçoit.

D'ailleurs, dans la technique moderne, une matière peut devenir une pièce qui a un rôle défini dans une machine complexe. Dans son fonctionnement, coordonnée aux autres pièces, la pièce matérielle travaille, elle travaille dans les deux sens extérieurement et intimement. Elle est non seulement intégrée géométriquement dans un ensemble, elle y est intégrée dynamiquement. Le rationalisme géométrique se double d'un rationalisme de la résistance matérielle. Et les doctrines de la résistance des matériaux déterminent vraiment une « compréhension » de la résistance. En effet, il y a *compréhension* parce que les coefficients qui désignent les différents caractères d'une matière (dilatation, élasticité, dureté, densité...) doivent être non seulement étudiés séparément, mais encore en fonction de l'assemblage des pièces. Dans une connaissance isolée, dans une étude particulière de la dilatation thermique, par exemple, on peut espérer toucher régulièrement une précision de plus en plus grande. Mais un tel examen monocaractéristique donne des résultats qui ne peuvent pas être transportés sans précaution dans une étude des machines. En particulier, dans l'assemblage des pièces qui constituent une machine, les caractères matériels multiples ne sont pas toujours susceptibles d'une *précision cohérente*. Un ingénieur s'exprime ainsi : « Les cadres un peu rigides de notre présentation ne sont plus suffisants pour lier quelques variables seulement, en cristallisant le reste. Une machine semble alors un engin de dessins animés se gonflant, se rétrécissant, décrivant d'étranges arabesques dans l'espace (1). »

(1) U. ZELBSTEIN, A l'échelle de l'homme, apud *Ingénieurs-techniciens*, décembre 1950, p. 378.

Ainsi, dès qu'on dépasse les épures schématiques qui donnent les trajets des mouvements d'ensemble, dès qu'on entreprend de descendre à l'échelle où les coefficients caractéristiques de la matière travaillent au niveau de précision de la technique moderne, on ne peut plus se satisfaire des certitudes proprement géométriques. L'instance de la résistance s'impose dans le petit comme dans le grand. « Il ne faut jamais oublier, dit encore Zeltstein, que nos moyens de production, nos possibilités d'assemblage, les conditions mêmes d'utilisation (comme, par exemple, la température) font qu'une machine est autre chose qu'une belle construction de l'esprit, rigide et indéformable. » Et il rappelle la boutade de J.-F. Avril disant : « La mécanique est un assemblage des corps mous. »

Chose curieuse, cette « mécanique molle » des corps solides se manifeste dans un ordre de grandeur assez bien spécifié. Les micro-mesures se font actuellement à l'échelle 10^{-5} centimètre. Les grandeurs mille fois plus petites (10^{-8} centimètre) qui définissent le domaine atomique ne correspondent pas aux possibilités de l'ingénieur. Bien entendu, à l'échelle 10^{-5} centimètre qui seule actuellement représente la positivité de la précision pour un ingénieur, le principe de Heisenberg ne joue pas. La mécanique molle ne relève pas des principes de la micro-physique. Elle reste dans la perspective de la macro-physique. Cependant, quand on considère la somme de contradictions à l'égard de la connaissance commune que réalise la connaissance technique poussée à l'échelle 10^{-5} cm, on peut, croyons-nous, désigner la mécanique molle étudiant la résistance molle des matériaux les plus durs comme une *méso-physique*, comme un règne intermédiaire entre la micro-physique et la macro-physique.

Cette mésophysique, bien qu'elle soit du règne des machines et de la matière, a besoin d'une révision des concepts de la connaissance commune. L'*homo faber* bergsonien, coincé dans ses intuitions simplistes du monde géométrique des solides parfaits, se perdrait dans les finesses de la mésophysique, devant cette soudaine « souplesse » des intuitions matérialistes instruites.

Les concepts de départ attachés à la matière par un matérialisme naïf apparaissent aux intuitions instruites comme purement et simplement provisoires. Dur, mou, chaud, froid, immobile, stable, droit, rond, carré, autant de concepts en claire validité dans la connaissance commune qui sont touchés d'un essentiel relativisme dès que les matières se touchent, coopèrent au fonctionnement d'une machine. Leur sens primitif doit être surveillé. Et le technicien que le philosophe accuse souvent si légèrement de

dogmatisme n'est dogmatique qu'*après* la surveillance de ses critères d'exactitude. Il est conscient des marges d'application d'un concept particulier. Par exemple, Zeltstein écrit (*loc. cit.*, p. 378) : « L'échelle thermométrique avec son zéro arbitraire, avec ses divisions linéaires, n'a au fond de sens que pour les températures à l'échelle humaine. » Souvent, le philosophe qui se réclame du caractère concret de son expérience ne se rend pas compte que les premières prises sur le réel ne sont que de pauvres abstractions. L'impression concrète première est finalement une prison, une prison étroite, où l'esprit perd sa liberté, où l'expérience se prive de l'extension nécessaire à la connaissance affinée de la réalité. Les philosophes qui dénoncent les abstractions de la pensée scientifique dirigent souvent leurs traits contre la science telle qu'ils l'imaginent, telle qu'elle leur apparut dans les heures malheureuses de l'effort scolaire. Ce n'est pas en ses premières démarches qu'il faut juger une pensée qui ne vit que des rectifications qu'elle s'impose.

Ainsi nous avons marqué l'évolution de la notion de résistance matérielle en juxtaposant les toutes premières impressions et les documents techniques les plus modernes. Par cette juxtaposition, nous voudrions montrer la transformation radicale que représente, à l'égard de l'expérience commune, le matérialisme instruit. Nous utiliserons bien souvent dans le présent travail cette méthode de contraste, dût notre développement en recevoir quelques saccades. On voit mieux la ligne minutieuse de l'histoire de la pensée scientifique quand on en a marqué d'un trait fort le sens révolutionnaire.

VI

La deuxième instance matérielle que nous devons envisager après l'instance de résistance matérielle correspond au problème du mélange des substances, à l'expérience des transformations matérielles.

Comme nous l'avons fait brièvement pour l'instance de résistance qui suppose une conscience opiniâtre, il faudrait dans une philosophie complète du matérialisme évoquer une *conscience mélangeante*, conscience qui accompagne plusieurs objets, plusieurs matières, qui participe à tout ce qui se fond, à tout ce qui s'insinue, conscience qui se trouble devant toute matière qui se trouble. C'est à cette seule condition qu'on comprendra la différence d'engagement de la conscience devant l'objet et de la cons-

science devant la matière. Nous ne développerons cependant pas explicitement ce problème, le réservant pour une étude où nous pourrions systématiser les diverses remarques que nous avons faites, dans des livres antérieurs, sur l'imagination de la matière. Nous nous bornerons, dans un instant, à rappeler le sens de nos études dans cette direction.

On comprend d'ailleurs tout de suite que dès que les matières sont considérées dans leurs réactions mutuelles, dès que les matières sont, en quelque sorte, matière l'une à l'égard de l'autre, apparaisse un inter-matérialisme qui est un trait spécifique de la science de la matière. Cet inter-matérialisme nous le développerons longuement dans le corps du présent livre puisqu'il est l'essence même de la science chimique. Nous nous bornons, dans ce chapitre d'introduction, à le caractériser philosophiquement.

D'abord, cet inter-matérialisme nous fait assister parfois, dès le mélange de deux matières, à des gonflements, à des frissonnements, à des bouillonnements. On est devant une action vraiment volumétrique. Comment ne pas poser, devant de tels phénomènes, la primauté de la matière sur la forme ? C'est alors la matière qui se donne une forme, la matière qui manifeste directement ses puissances de déformation. La matière sort d'elle-même des prisons de la forme. La forme n'est plus alors taillée du dehors, imposée du dehors. Tout le bergsonisme de l'*homo faber* apparaît dans sa perspective formelle, dans son intellectualisme ingénu dès que les matières mélangées agissent ainsi l'une sur l'autre. L'*homo faber* a, dans cette voie, des sollicitations nouvelles à agir. Si l'on se borne à travailler du dehors comme l'*homo faber* bergsonien, on ne suit qu'une branche particulière de la phénoménologie du travail. En suivant ce seul axe de l'action on ne connaît que la perspective proprement *objective*, que la clarté *objectivante*. Et cette clarté de l'objectivité conduit à refuser la conscience mélangeante comme conscience impure, comme conscience confuse précisément parce que cette conscience mélangeante s'intéresse aux limites indécises, aux couleurs instables, aux volumes changeants.

Sans doute la forme restant souvent le *signe* de la matière, l'objet reste l'extériorité de la matière. Mais forme et objet peuvent être des signes trompeurs : ils posent tout au plus un sujet d'enquête, une question à l'étude matérialiste. Tout au plus, forme et objet ne sont qu'un instant de la matière. Le temps de la matière est plus vaste, plus fortement conditionné que le temps des objets. Les conditions temporelles des transactions matérielles, des mélanges des substances sont plus fortement inscrites

dans la matière que les simples transformations extérioristes. Il semble que le temps de la matière soit aussi une durée intime qui ne peut être entièrement analysée dans les modes du mouvement. La phénoménologie du temps de la matière renvoie alors à une conscience plus continue, moins dispersée que la conscience des actes polarisés par les objets. La matière travaillée, la matière en travail, les matières saisies dans l'action même de leur mélange, voilà autant de leçons d'intimité.

On voit quelle multiplicité de problèmes soulève une phénoménologie visant la matière, une phénoménotechnique créant sans cesse de nouvelles matières, un intermatérialisme s'instruisant dans des réactions mutuelles de diverses substances. Devant le caractère caché de la matière, il semble que la conscience sache qu'elle doive réformer ses visées, reprendre ses distances.

Nous allons voir, dans le paragraphe suivant, comment la suspicion d'une matière cachée appelle invinciblement des recherches de crypto-psychologie.

VII

Pour tout dire d'un coup en une confidence personnelle, je viens de vivre durant une douzaine d'années toutes les circonstances de la *division du matérialisme* entre imagination et expérience. Et cette division, visible dans les faits, s'est peu à peu imposée à moi comme un principe méthodologique. Elle conduit, cette division, à prendre conscience d'une opposition radicale entre un matérialisme imaginaire et le matérialisme instruit. En d'autres termes, il y a grand intérêt, me semble-t-il, à distinguer, en deux tableaux, les éléments de la conviction humaine : la conviction par les songes et les images — la conviction par la raison et l'expérience.

La matière, en effet, nous apporte des convictions quasi immédiates qui naissent associées à des rêveries invincibles fortement enracinées dans notre inconscient. Ce n'est qu'au prix d'expériences minutieuses, bien établies dans une technique inter-matérielle, dans une technique de transformation des propriétés de la matière, que nous pouvons aborder — en seconde position — la phénoménologie du matérialisme instruit. Dans notre livre : *Le rationalisme appliqué*, nous avons consacré tout un chapitre à la rupture de la connaissance en expérience commune et expérience scientifique. La même rupture, plus difficile à consommer, doit être provoquée au sein du matérialisme pour faire comprendre comment le matérialisme discursif et progressif s'éloigne du maté-

rialisme naïf, autrement dit, il faut montrer comment le *matérialisme ordonné*, parti des sécurités du réalisme, rejoint les certitudes du rationalisme. Seul le dur travail de la pensée et de l'expérience scientifiques peut souder le réalisme et le rationalisme. Nous aurons donc à rouvrir le débat, au cours du présent livre, entre les thèses de la continuité du savoir et celles de la rectification du savoir. L'essentiel, pour l'instant, c'est que nous indiquions nettement que le matérialisme instruit est fondé sur une dialectique radicale qui le sépare du matérialisme imaginaire.

En effet, si l'on prend appui sur la culture scientifique, on peut voir en action une psychanalyse matérielle, en quelque manière brutale, qui doit être distinguée de la psychanalyse existentielle proposée par Sartre dans les dernières pages de *L'être et le néant*. C'est parce que la psychanalyse que nous envisageons est brutale, chirurgicale, c'est parce qu'elle sépare d'un coup les convictions inconscientes et les convictions rationnelles, que l'esprit scientifique en néglige l'examen. Pour un homme de science il est toujours évident que vous ne rêvez pas puisque vous travaillez. Un philosophe de la culture ne peut trancher si rapidement. Et nous devons sans cesse parfaire la division du matérialisme primitiviste et du matérialisme cultivé. La pureté du matérialisme rationaliste est à ce prix.

En revanche, tant qu'on reste sur le plan d'une expérience systématiquement *originelle* comme le fait Sartre en accord avec la position existentialiste, on ne peut tenter de psychanalyser une préférence matérielle originelle qui englut l'existence qu'en lui proposant un autre type de préférence, qu'en déterminant autrement l'engagement de l'existence. Nous adoucissons un être aride en lui suggérant des douceurs aquatiques ; nous défendons un psychisme pris dans la viscosité de *son* cosmos en lui donnant un meilleur avenir de pétrissage (1). Toute une psychanalyse matérielle peut ainsi nous aider à guérir de nos images, ou du moins nous aider à limiter l'emprise de nos images. On peut alors espérer — ce qui fut le but de nos recherches systématiques sur l'imagination des éléments — pouvoir *rendre l'imagination heureuse*, autrement dit, pouvoir donner bonne conscience à l'imagination, en lui accordant pleinement tous ses moyens d'expression, toutes les images matérielles qui se produisent dans les *rêves naturels*, dans l'activité onirique normale. Rendre heureuse l'imagination, lui accorder toute son exubérance, c'est précisément donner à l'imagination sa véritable fonction d'entraînement psychique.

(1) Cf. *La terre et les rêveries de la volonté*, chap. IV.

Ainsi les problèmes du matérialisme se poseront d'autant plus nettement que nous réaliserons plus franchement une totale séparation entre la vie rationnelle et la vie onirique, en acceptant une double vie, celle de l'homme nocturne et de l'homme diurne, double base d'une anthropologie complète.

Une fois réalisée la division en imagination et raison, on peut voir plus clairement s'établir dans le psychisme humain le problème d'une *double situation*. C'est en effet un problème de double situation qui se pose quand on veut aborder, sur des exemples nombreux et précis, les rapports du règne des images et du règne des idées.

Cette double situation n'est naturellement jamais bien assumée, rarement équilibrée dans les enquêtes des psychologues et des épistémologues. L'onirisme et l'intellectualisme sont, chez l'enquêteur comme chez l'enquêté, des polarités toujours un peu instables. Nous-même, acharné à notre double travail, nous n'avons jamais réussi à prendre, sur cette double situation, des perspectives d'égale profondeur. Tout dépend du problème envisagé, problème d'esthétique du langage ou problème de la rationalisation de l'expérience. Mais, même une fois aussi nettement engagées, les valeurs oniriques et les valeurs intellectualistes restent en conflit. Elles s'affirment souvent les unes et les autres dans ce conflit même.

Dans le présent ouvrage, puisque notre tâche sera finalement d'entrer le plus avant possible dans l'organisation du rationalisme chimique, il nous faudra, après des remarques sur le rationalisme fruste ou manqué, nous détourner des déterminations imaginaires. Mais, du moins, de notre actuelle référence à la double situation de tout psychisme entre tendance à l'image et tendance à l'idée, il doit subsister que si fort engagé que nous soyons dans les voies de l'intellectualisme nous ne devons jamais perdre de vue un arrière-fond du psychisme où germinent les images.

VIII

Souvent, cette double situation est masquée aux yeux du chimiste franchement engagé dans la culture moderne. Le savant croit, en effet, comme nous le disions plus haut, avoir barré d'un trait définitif tout un monde d'images séduisantes. Pourtant, de cet arrière-fond obscur, on en verrait parfois la trace même chez le chimiste cultivé, précisément sous forme d'une philosophie mal élaborée. Un arrière-fond de philosophie nourrie de convic-

tions non discutées est souvent le refuge nocturne du savant. Il croit que sa philosophie est un résumé de son savoir ; elle n'est souvent qu'une jeunesse de son savoir, qu'un condensé des premiers intérêts qui l'ont poussé à son savoir. Le savant ne professe même pas toujours la philosophie clairvoyante de sa propre science. On en voit qui s'enferment dans la prudence des méthodes scientifiques, pensant que cette prudence détermine à elle seule une philosophie, oubliant par conséquent les décisions nombreuses que réclament les choix philosophiques. Aussi les philosophies en fait complexes comme le réalisme, le positivisme, le rationalisme, entrent comme d'une pièce dans les professions de foi philosophique des savants. Qu'on ne s'étonne pas si elles ne déterminent pas, ces professions de foi, une activité philosophique réelle. La science n'a pas la philosophie qu'elle mérite. Le savant ne revendique pas, comme il pourrait le faire, l'extrême dignité philosophique de son labeur incessant, il ne met pas en valeur le sens philosophique des révolutions psychiques qui sont nécessaires pour vivre l'évolution d'une science particulière.

En ce qui concerne le matérialisme scientifique nous sommes à cet égard devant un exemple particulièrement sensible, particulièrement significatif. Les chimistes font face, en effet, à une dure bataille dès qu'on veut examiner l'enjeu philosophique de leurs doctrines. Les mathématiciens sont, en comparaison des chimistes, des savants bien tranquilles à l'égard de la rationalité de leur savoir : le mysticisme des nombres ne les trouble plus. Au contraire, la matière garde toujours un « mystère ». Et, à la moindre détente de la modernité du savoir, des ombres historiques redeviennent actives dans la connaissance de la matière. Aussi bien dans la longue histoire de la préchimie en lutte contre l'alchimie que dans la prise de culture actuelle sous des formes élémentaires, la rivalité du matérialisme imaginaire et du matérialisme instruit est sans cesse actuelle. L'enseignement élémentaire de la chimie ne saurait avoir le net début de l'enseignement des mathématiques. La psychologie exacte du matérialisme actuel est de ce fait, particulièrement difficile. Il semble, en effet, que l'opposition entre le matérialisme imaginaire et le matérialisme instruit, sourdement active au niveau des thèmes les plus divers, ne puisse être réduite — ou, plus précisément, éclairée — que par une sorte de dipsychanalyse qui donne, d'une part, à l'imagination ses propres valeurs d'impression sans la moindre exigence sur la réalité objective des images, et, d'autre part, à l'expérience interprétée discursivement, ses propres valeurs d'instruction, valeurs minutieusement vérifiées dans une observation non

seulement de la réalité matérielle, mais encore dans une expérience inter-matérielle foisonnante.

Car, enfin, il faut savoir ce que l'on cherche et bien distinguer les rêveries de la matérialité et les expériences positives opérant sur le monde des matières tangibles. Il faut alors étudier à part, loin de la science, un énorme domaine de convictions qui tiennent à une sorte de matérialisme inné, inscrit dans toute chair, de matérialisme inconscient, renforcé par des expériences cénesthésiques immédiates. Nous restons là dans le domaine de la chair natale, de la chaleur intime, des vérités du sang. L'étude de ces convictions imaginées, de ces convictions incarnées, nous l'avons longuement poursuivie sous le signe de l'imagination matérielle des 4 éléments. Souvent le matérialisme philosophique est purement et simplement plaqué sur ce matérialisme inné. Enraciné sur ce fond, le philosophe prétend souvent comprendre *par continuité* les expériences du matérialisme scientifique. Il ne réalise pas l'acte de décisive extériorité qui devrait lui donner prise sur la matière. Il croira la mieux posséder, comme il dit, par communion intime, communion où finalement il ne retrouve que lui-même.

C'est ici qu'intervient, en opposition à cette continuité, la structure rationnelle de la chimie. En effet, une organisation des lois chimiques, dès qu'elle prendra le sens rationnel que nous mettons en évidence dans les chapitres suivants, demandera un nouveau départ, un fondement coordonné, une mise en un ordre qui sera un ordre échappant au scepticisme bergsonien. La simple dialectique ordre et désordre qu'avait envisagée Bergson n'est plus de mise quand on examine les thèmes scientifiques d'un *ordre rectifié*, d'un ordre qui se manifeste comme un *progrès d'ordre*. La dialectique bergsonienne ne survolait qu'un monde d'*objets*. Elle ne s'engageait pas vraiment dans la connaissance de la *matière*. Il semble que le philosophe fût ici victime, tout comme un autre, de la notion d'espace. Il ne se sert de la notion d'ordre qu'au niveau de l'espace, comme si la place et changement de place suffisaient à spécifier l'être et le changement d'être. Les transformations de la nature ont un tout autre « poids » de changement. Du côté subjectif aussi, ce n'est pas non plus à un rapide jugement sur les mécomptes d'une recherche qui aboutit à trouver un livre de prose quand on désirait un livre de vers qu'on peut se référer pour mesurer l'engagement d'une mise en ordre depuis longtemps commencée, où l'homme succède à l'homme, où l'homme de science a déjà pris conscience d'une mise en ordre antécédente et reçoit, dans sa culture même, la certitude d'un ordre sans cesse amélioré. La pensée a ici un passé, la culture a une his-

toire. Et l'histoire de l'ordination des substances chimiques, quand elle atteint la période de rationalité, prouve une hiérarchie de l'ordre contre laquelle aucun scepticisme ne peut prévaloir.

On touchera un instant de cette institution d'un ordre à la fois réel et rationnel si l'on considère la rupture de la science moderne à l'égard de l'ancien idéal « d'histoire naturelle » qui gouvernait encore la pédagogie au xviii^e siècle quand on étudiait le *règne minéral* comme un troisième règne en correspondance étroite avec le règne animal et le règne végétal. Alors les nombreux livres publiés sous le nom de *Matières médicales* correspondent à une sorte d'*homogénéité du naturel*. Au contraire, pour un chimiste moderne, le règne minéral n'est plus étalé devant lui, livré à toute heure à une prime enquête, le monde minéral se présente comme pourvu d'une profondeur *humaine*. Il est l'objet non plus seulement d'une histoire « naturelle », mais d'une histoire « humaine ». Pour étudier le « règne minéral », il faut maintenant faire *profession de facticité*. Il y a un siècle, le grand chimiste Auguste Laurent disait déjà : « La chimie d'aujourd'hui est devenue la science des corps qui n'existent pas (1). » Il faut faire exister des corps qui n'existent pas. Quant à ceux qui existent, le chimiste doit, en quelque manière, les refaire pour leur donner le statut de pureté convenable, pour les mettre à égalité de « facticité » avec les autres corps créés par l'homme. Le chimiste pense et travaille à partir d'un monde recommencé. Nous insisterons plus longuement dans le cours du présent ouvrage sur cette essentielle facticité. Mais, dès maintenant, nous devons reconnaître que c'est par un abus de mots qu'on dit du phénomène chimique qu'il est un phénomène *naturel*. Le matérialisme factice, la chimie scientifique, le rationalisme des lois inter-matérielles ont jeté sur le « règne minéral » un réseau de relations qui ne se présentent pas *dans la nature*. L'homme a déterminé des *croisements minéraux* sans nombre. Le vieux concept des noces alchimiques, dûment débarrassé de son matérialisme inné, dûment psychanalysé, a scellé l'union de corps innombrables. Cette créativité est un caractère fondamental du matérialisme instruit, c'est la marque même de ce que nous appelons le matérialisme ordonné. Ici l'activité humaine *augmente* l'ordre de la nature, crée l'ordre, efface le désordre naturel.

On comprend alors aisément que la conscience créative qui anime la chimie moderne pose une tout autre perspective philosophique pour la phénoménologie du matérialisme instruit que

(1) Auguste LAURENT, *Méthode de la chimie*, 1854, p. x.

pour la phénoménologie du matérialisme naturaliste. Nous voici en effet devant un matérialisme synthétisant ce qui réclame une tout autre attitude phénoménologique que le matérialisme observateur, voire une autre attitude que l'objectivisme constructeur. Vérifier matériellement une pensée de synthèse matérielle est bien différent que vérifier objectivement une pensée de construction. Précisément, l'esprit de synthèse matérialiste, dans la proportion où il n'est pas le strict inverse de l'esprit d'analyse, correspond à une attitude phénoménologique à étudier de près, à caractériser dans sa totale et éminente positivité. Trop souvent, quand on réfléchit au rapport de la synthèse et de l'analyse, on se borne à y voir une dialectique de réunion et de séparation. C'est là oublier une nuance importante. En effet, le processus de synthèse est, dans la chimie moderne, le processus même de l'invention, le processus de la créativité rationnelle par lequel le plan rationnel d'une substance introuvée est posé, comme problème, à la réalisation. On peut dire que dans la chimie contemporaine, c'est la synthèse qui est le *processus pénétrant*, le processus qui pénètre progressivement dans la *réalisation*. L'analyse ne saurait être pénétrante qu'en face de la *réalité*. Une fois admis — ce qui est l'évidence comme nous le ferons constater souvent au cours de cet ouvrage — que la réalisation humaine est bien plus vaste, dans la science de la matière, que la réalité naturelle, on voit bien que l'esprit de synthèse est dominant dans le matérialisme instruit.

D'ailleurs cet esprit de synthèse est méticuleusement progressif. Solidaire de l'esprit scientifique, cet esprit de synthèse rejette précisément l'esprit de miracle amplifiant qui animait l'alchimiste. Il déroge à cette expérience vague d'une chance heureuse qui était le dynamisme de la recherche alchimique et qui subsiste parfois dans ces utopies d'esprit scientifique que se forgent les philosophes. On ne tente pas, dans la science moderne, des synthèses immédiates, des synthèses prises au niveau du donné matériel immédiat. On entreprend des synthèses formulées sur des bases théoriques bien explicites, en fonction de la coordination rationnelle de ces bases théoriques. La spécificité phénoménologique de la conscience synthétisante qui dirige la chimie instruite échappera donc au philosophe qui ne réalisera pas l'instance rationnelle de la synthèse chimique et qui continuera à donner *analyse et synthèse* comme deux opérations strictement inverses, logiquement inverses, symétriquement en miroir, se vérifiant l'une l'autre aux différents stades de leur processus. Si l'on part d'une phénoménologie simpliste fondée sur la contra-

diction de l'analyse et de la synthèse — contradiction saisie dans une sorte de virevolte de la recherche scientifique — on ne peut accéder à la détermination des attitudes consciencielles scientifiques vraiment caractéristiques, c'est-à-dire des attitudes saisies dans leurs caractéristiques phénoménologiques modernes, caractéristiques référées à une conscience devant sa tâche de structure et d'évolution culturelles. Nous sommes précisément devant une situation culturelle où la phénoménologie ne peut revenir purement et simplement « aux choses mêmes » puisque la conscience au travail doit se débarrasser de ses premières instances de recherches. Ici, la pensée scientifique n'est pas définitivement engagée par une désignation préalable des matières. Elle vise, au-delà des choses, la matière. Elle commence en quelque sorte par une négation : elle nie l'objet pour découvrir la matière. On ne gagnera rien en laissant à la notion philosophique d'objet son sens vague, général, s'appliquant antéthiquement à ce qui porte le signe du sujet. Il faut donner tout de suite attention à la différence entre objet et matière, et solliciter une conscience spécifiquement matérialiste. La spécificité de la phénoménologie matérialiste en découle. En effet, comme la matière doit se dévoiler dans des propriétés inter-matérielles, comme l'action inter-matérialiste n'est jamais finie, qu'elle est toujours renouvelable dans de nouveaux rapports inter-matérialistes, il semble que tout *complément* de connaissances se répercute en *rectifications* principielles sans fin. Ainsi la conscience synthétisante qui s'exerce dans les processus de la synthèse chimique commence dans d'essentiels recommencements.

S'il ne s'agissait que d'une première rectification qui mît dans le bon ordre du travail une enquête primitivement mal orientée, on pourrait penser que revenir à la chose même, c'est précisément prendre conscience de cette première rectification. Mais la bonne démarche est plus tardive. Elle est en quelque sorte moins linéaire. Elle demande une rectification dans plusieurs directions. Dans les grandes occasions du progrès scientifique, c'est tout un système qui doit se rectifier à la lumière d'une expérience particulière. La conscience de la rationalité s'éduque dans le changement même des systèmes de rationalité ! Aussi bien dans l'expérience que dans la pensée, nous aurons à montrer que le matérialisme ordonné est essentiellement une réorganisation. Il n'est, à aucun titre, la description d'un monde en ordre. Et pour le matérialisme ordonné il ne s'agit pas de constater un ordre mais de *comprendre* un ordre, de promouvoir un ordre. Et c'est pourquoi, une fois de plus, on ne peut jouer à la surface des choses, avec la mobilité d'un pragmatisme éphémère.

IX

Si l'on suit la suprématie croissante de la synthèse sur l'analyse dans la construction des substances chimiques, on est amené à considérer des attitudes phénoménologiques qui échappent à la phénoménologie classique, à la phénoménologie qui se veut en quelque manière naturelle. Souvent la phénoménologie classique se donne trop vite la clarté consciencielle. C'est d'ailleurs là un principe de méthode puisqu'on ne comprend guère ce que serait une conscience qui ne fût pas *claire*. Une telle volonté de clarté conduit à se confiner dans l'objet et à rejeter, dans la matière, l'irrationnel. Une sorte de refus d'être matérialiste est ainsi parfois une garantie facile d'objectivité, une garantie de la clarté consciencielle des visées.

D'un autre côté, l'admission trop prompte de la sphère matérielle peut être aussi l'occasion d'une simplification excessive. La conscience, dans une telle adhésion immédiate, finit par absorber paradoxalement l'irrationnel. Ce n'est pas le lieu d'étudier en détail la phénoménologie de l'irrationnel ou, plus généralement, la phénoménologie du mystère. Quelques remarques suffiront pour indiquer le problème.

Par vocation, l'alchimiste se place devant la substance, par essence, *mystérieuse*. Il assume l'attitude du chercheur de mystère. Bien entendu, à notre époque, les philosophes ne manquent pas qui s'éduquent en suivant une *conduite de mystère*. Mais ils ne bénéficient pas toujours d'objets de mystère, de pôles précis pour leur mystérisme. Ils demeurent souvent devant un mystère général, devant un mystère abstrait. L'alchimiste, au contraire, disposait de tout un lot de *mystères concrets* : les diverses substances habitées par les 4 éléments étaient finalement autant de pôles pour les orientations diverses des diverses conduites de mystère.

On n'a pas alors à s'étonner que les leçons de l'alchimiste soient immédiatement des leçons de psychologie intimiste. Le mystère objectif renvoie au mystère subjectif et vice versa. Les plans mystérieux de la substance matérielle révèlent des plans cachés de l'inconscient humain. Les deux grandes ombres se correspondent si bien qu'elles sont comme image et objet dans un miroir.

Le problème n'est plus le même pour le chimiste moderne. Sans doute, il ne connaît pas tout, sans doute il a devant lui, comme tout savant, un inconnu. Mais cet inconnu n'est pas total. Cet inconnu n'est pas absolu. Total et absolu, cet inconnu

serait inactif à l'égard de la pensée scientifique. En fait, l'inconnu en face de la pensée scientifique est « situé ». Il est même, en quelque manière, aligné sur ce que l'on connaît. Le chimiste le trouve, l'inspecte, le touche dans une ligne de pensées plus ou moins nettement organisée. Il travaille en effet dans un monde de la matière en partie expliqué, dans un monde d'expériences déjà vérifiées. La conscience est ici nécessairement mémoire d'un passé de vérification. Elle reste sans doute neuve, au-dessus de sa mémoire, comme le veut le principe de toute phénoménologie. Mais une conscience du savoir acquis demeure active et claire devant le tout proche savoir à acquérir. En résumé, la pensée scientifique suit une voie de clartés progressives tandis que l'alchimiste attendait une illumination.

C. G. Jung a mis en évidence, chez l'alchimiste, cette attitude spécifique devant un mystère constamment visé bien que toujours visé sans aucune perspective de preuves objectives. Il a justement rapproché les enquêtes de la psychologie des profondeurs et les recherches des alchimistes. La lecture de son beau livre : *Psychologie und Alchemie* (1945) donnera de nombreux exemples de ce parallélisme de l'inconscient humain et de la substance centrée sur un mystère. Dans son ouvrage : *Symbolik des Geistes* (1948), il formula la thèse générale de ce parallélisme avec toute la clarté désirable (p. 87) : « Nos expériences de praticien sur l'être humain montrent toujours à nouveau que toute recherche prolongée sur un objet inconnu détermine un attrait presque irrésistible pour l'inconscient, attrait qui l'amène à se projeter dans l'inconnaissable de l'objet. » Il y a ainsi, en quelque manière, communion des incommunicables par le parallélisme de deux inconnaissables. C'est ce nœud gordien des deux mystères dans l'homme et dans les choses que le long travail, le double travail de l'anthropologie moderne et de la pensée scientifique doit entreprendre de démêler.

X

Mais notre discussion sera peut-être plus claire, plus active, si nous donnons tout de suite, avant les nombreux exemples scientifiques contenus dans le corps de cet ouvrage, quelques exemples simples qui prouvent qu'une propriété spécifiquement *matérielle* (dépassant par conséquent la géométrie d'objets) correspond à une instance de connaissance difficile à amener dans la perspective scientifique.

Touchant une propriété matérielle, la simple désignation d'un

fait est souvent captieuse. Précisément, le *fait matériel* est impliqué dans une valorisation immédiate, valorisation souvent gonflée de valeurs imaginaires. Si l'on saisit mal cette confusion des valeurs, c'est que l'historien des sciences en particulier, ne retient parfois de ses lectures d'un livre ancien que la *désignation* d'un phénomène qui est *maintenant* incorporé dans une doctrine scientifique raisonnable. L'historien fait alors bon marché de l'explication que l'auteur ancien a tenue comme valable, même quand cette explication se réfère à un type d'explication qui est un réel obstacle à l'expérimentation positive et à l'organisation rationnelle du savoir. Cette coutume de vénérer le passé en rappelant que des *faits* ont été *connus* des anciens dans le temps même où l'interprétation de ces faits était une vésanie est susceptible de troubler profondément l'estimation des valeurs épistémologiques. Il semble même qu'il y ait, aux yeux des historiens des sciences, un certain mauvais goût à évoquer des ambiguïtés d'explication et à insister sur le côté obscur, sur la racine onirique, de l'explication ancienne. On est incliné à répéter : un fait est un fait, un fait connu est un fait connu. C'est un point fixe de l'histoire de la pensée.

Mais, répétons notre objection : une fausse explication d'un « fait » touchant un phénomène n'enlève-t-elle pas au fait son caractère positif ?

Prenons comme exemple l'explication que Cardan donne d'un *fait matériel* correspondant au *fait objectif* de l'attraction des corps légers par l'ambre qu'on vient de frotter. L'explication, comme on va le voir, est une explication matérialiste du type primitif, d'un type qui, suivant nos vues, appelle une psychanalyse. Pour Cardan, l'ambre contient une humeur grasse et glutineuse ; c'est pourquoi une chose sèche, comme la paille, « désirant boire, est mue vers la fontaine, c'est-à-dire vers l'ambre ». Peut-on vraiment dire, devant une telle perspective de *réveries*, que Cardan se soit fait une *idée* de l'attraction des corps légers par l'ambre ? Faut-il vraiment inscrire ce texte dans une histoire des connaissances électriques ?

Notons d'abord que, vraisemblablement, Cardan n'a pas, de lui-même, découvert le *fait*, le fait pur et simple. On le lui a communiqué — à quel âge ? — comme la tradition d'un phénomène curieux. Il faudrait alors pouvoir déterminer ce qui revient à la tradition d'une part et à la rêverie personnelle d'autre part. En tout cas, si nous jugeons d'une telle connaissance par les valeurs *pédagogiques*, si nous nous plaçons résolument dans l'axe du *pédagogisme* que nous croyons essentiel comme support du

développement de l'esprit scientifique, pouvons-nous dire que Cardan soit ici un professeur utile, un pédagogue qui accentue la pensée scientifique et qui la place dans la bonne direction du progrès ? Il faut plutôt dire le contraire. Une telle « théorie », si elle était enseignée, si elle recevait la dignité d'un enseignement — si elle était vraiment enseignable — retarderait la culture. Elle renforcerait l'infantilisme de l'expérience matérialiste naïve. Mieux vaudrait, pour le disciple, que le maître fût muet. Le disciple, devant le *fait*, tomberait peut-être de lui-même dans de telles rêveries puisque notre pensée a deux bords : une frange qui s'éclaire péniblement dans un long travail de comparaisons discursives menant aux concepts scientifiques et une pénombre qui tend de soi-même à s'élargir pour retrouver les archétypes de l'inconscient. Mais ces rêveries de la psychologie noire, le disciple aurait du moins la *pudeur* (c'est le mot exact) de ne les point communiquer. Il refoulerait les *images matérielles* comme celle de la paille assoiffée quand viendraient les heures de pensées claires ; il se déterminerait, comme conscience claire, dans des attitudes objectives par des essais de variation des conditions extérieures ; il chercherait peut-être à voir à quelle distance opère l'attraction. Sans doute, il est difficile de placer d'emblée une expérience en milieu rationaliste, en milieu intellectuellement sain. A suivre la simple désignation de plus en plus correcte des faits, on s'aperçoit que le rationalisme est une lente acquisition. L'application du rationalisme à la matière — on le voit nettement et dans l'exemple de l'ambre noté d'après Cardan — est beaucoup plus difficile que son application à la forme. Le matérialisme rationaliste, voilà une culture qui ne prend ses véritables forces d'explication qu'à un certain point de son développement. Son premier acte est précisément de barrer les commentaires semblables à ceux de Cardan, en opérant une division claire et nette de l'imagination matérielle centrée sur le mystère de la matière et le travail rationnel discursif de l'inter-matérialisme.

Mais notre argumentation n'aurait pas toute sa force si nous nous bornions à prendre nos exemples dans un vieux grimoire. Il n'est pas impossible de trouver les cerveaux les plus clairs séduits soudain par quelque image mal psychanalysée. De Cardan rapprochons — un instant ! — Ernst Mach.

Mach qui fait dans son célèbre ouvrage, *La mécanique*, plusieurs déclarations d'hostilité à la mythologie — dont il parle d'ailleurs avec une évidente incompétence — n'hésite pas à écrire (trad., p. 33), « nous reconnaitrons alors — et nous commençons actuellement à le faire — que notre sensation de faim n'est pas essentiel-

lement différente de la tendance de l'acide sulfurique vers le zinc, et que notre volonté n'est pas si différente de la pression de la pierre sur son support ».

Sans doute la comparaison a pour but d'affirmer un matérialisme de la sensation. Mais les métaphores marchent sans fin, marchent toutes seules. La « tendance » de l'acide sulfurique vers le zinc ? — Et naturellement aussi la tendance du zinc vers l'acide sulfurique. Alors il faudra, en s'aidant de la double lumière des comparaisons de Mach, non seulement dire que la faim est la tendance d'un estomac vers le pain — mais aussi la tendance du pain vers l'estomac. En somme, en suivant les images que Mach a l'imprudence de suggérer, le pain lui aussi est affamé, il a faim d'être mangé.

Non. Il faut arrêter net les comparaisons entre les impressions sensibles et les idées matérialistes. Toute comparaison est germe de mythologie. Elle tend à expliquer par les fausses lumières de la connaissance commune ce qui devrait être discursivement éclairci. Presque toujours la comparaison ramène l'esprit à la frontière de l'inconscient (1). Dans une culture scientifique, il faut confiner les images et les métaphores dans leur rôle de lumière éphémère. Dans une culture du matérialisme chimique, il faut lutter contre la puissance des images matérielles. Elles sont, sans doute, ces images matérielles, de merveilleux facteurs de rêveries esthétiques. Mais, s'il s'agit d'atteindre à l'objectivité matérialiste, il faut désigner cette objectivité dans la relation d'une matière particulière à une autre matière particulière, en effaçant tout rapport au sujet. Encore une fois, tout matérialisme scientifique est fondamentalement un inter-matérialisme. Il faut prendre cet inter-matérialisme à son commencement : l'expérience de la réaction de deux matières différentes et ne pas surcharger cette expérience par des commentaires impressionnistes.

XI

Mais se taire est souvent plus difficile que parler. Et l'on n'atteint pas aisément à ce stade de la conscience rectifiante qui est pourtant le réel point de départ de la phénoménologie matérialiste. Comment mettre vraiment l'initiation elle-même dans une exacte orientation culturelle ?

D'une manière plus sensible peut-être que dans toute autre culture objective, l'initiation en chimie se révèle délicate. Précisément.

(1) Cf. Sandor FERENCZI, *Farther contributions to the theory and technique of psychoanalysis*, 1950, p. 397.

sément, on ne sait jamais si, dans une telle initiation, on *nourrit* le matérialisme inconscient ou si vraiment on *ouvre* l'esprit au matérialisme instruit.

Les meilleures intentions peuvent ici manquer le véritable but culturel. Ne prenons comme exemple que le livre de Marie Montessori : *De l'enfant à l'adolescence* où la grande éducatrice nous paraît donner à la leçon de choses, si utile dans l'enfance, un rôle trop persistant dans la culture d'un adolescent. Pour expliquer que l'eau absorbe l'anhydride carbonique et qu'elle en reçoit la propriété acide, faut-il dire : « L'eau est donc active, *gourmande*, capable de contenir une énorme quantité de ce gaz dont elle est *avide* et qui est son collaborateur dans cette œuvre importante qui consiste à *dévorer* la pierre... » (trad., p. 70). Nous avons souligné trois mots du texte, trois mots qui n'ont pas besoin d'être *enseignés* puisqu'ils sont — hélas ! — dans l'inconscient de tous. A force de se mettre « à la portée des enfants », le maître s'infantilise. Quelques pages auparavant la leçon professait déjà (p. 68) : l'eau, « c'est de la pierre qu'elle est le plus insatiable, et elle ne cesse jamais de la dévorer. Elle court à sa recherche dans la profondeur de la terre ». Une telle leçon enseignée au seuil de l'adolescence serait un retard à l'adolescence. Ah ! qu'on voudrait parfois qu'un maître de silence doublât le maître des expériences ! Quand on a tant à montrer, pourquoi tant parler ? « On peut supposer, dit encore l'éducatrice, que seuls existaient, invisibles, l'hydrogène et l'oxygène ; survint une explosion : les cataractes du ciel s'ouvrirent et voilà l'eau créée. » Voilà surtout le maître en état de culture satisfaite d'elle-même. Il retrouve des formules de prophète.

Sans doute, pour toute connaissance, les premières leçons demandent des prouesses pédagogiques. Elles ont le droit d'être incomplètes, schématiques. Elles ne doivent cependant pas être fausses. Maria Montessori verse de l'acide sulfurique sur du sucre — est-ce vraiment une leçon de départ ? En tout cas, le commentaire est mauvais. Le professeur s'exprime ainsi : « Ce sucre qui est blanc est pourtant, en substance, un morceau de charbon. » Non, le sucre est sucre, le charbon est charbon. C'est seulement quand on aura fait comprendre que le sucre est un hydrate de carbone et que l'acide sulfurique est un déshydratant qu'on pourra expliquer la *réaction inter-matérialiste* par laquelle le sucre déshydraté devient du carbone. Il y a donc à proposer sans cesse un *canevas théorique* pour aborder le matérialisme instruit, pour décrocher le matérialisme instruit du matérialisme naïf, du matérialisme imaginaire. Nous donnerions volontiers *ce minimum*

de théorie qui engage l'expérience, qui *pense l'expérience*, comme un exemple élémentaire du rationalisme appliqué.

Au surplus, en chimie — nous aurons bien souvent l'occasion de le redire — la prise sur la nature correspond à une période révolue. Quand la leçon de choses se donne, comme *choses*, l'acide sulfurique et le sucre, elle est déjà une leçon de *choses sociales*. De même l'hydrogène et l'oxygène sont à bien des égards, si l'on ose s'exprimer ainsi, des gaz sociaux, des gaz de haute civilisation ! C'est un anachronisme que d'en faire, dans un style biblique, les instruments d'une hypothétique genèse. Quand le chimiste voudra développer des vues sur la genèse des éléments chimiques, il le fera avec la prudence scientifique de notre temps, en posant le problème complexe au niveau du savoir le plus développé. Il est d'une mauvaise vulgarisation de donner comme élémentaire un problème qui ne l'est pas. Nous avons, dans un précédent ouvrage, assez insisté sur la nécessité d'inclure la culture dans la cité scientifique qui la garantit. La science des substances n'échappe pas à cette obligation. Plus que toute autre, peut-être, elle doit le plus tôt possible s'inscrire dans la modernité. Cette inscription rapide est nécessaire du fait même que dans la connaissance de la matière nous découvrons, à la base, des motifs d'entraînement vers des valorisations inconscientes qui sont autant d'obstacles à la culture. Il faut donc le déclarer nettement : les substances étudiées par le matérialisme instruit ne sont plus, à proprement parler, des *données naturelles*. Leur étiquette sociale est désormais une marque profonde. Le matérialisme instruit est inséparable de son statut social.

Il est d'ailleurs très frappant que Maria Montessori, dont nous venons de critiquer les leçons de chimie, soit précisément si bien avertie du drame culturel qu'est toute adolescence. C'est elle qui dit, avec une extrême sensibilité, que l'adolescent est « un nouveau-né social » (1). Ce nouveau-né culturel ne doit donc pas recevoir une nourriture spirituelle d'un autre âge. On ne doit pas apporter d'aliment au matérialisme infantile. Que ce matérialisme infantile garde de nombreuses composantes dans la mentalité adulte, c'est sans doute un fait. Cela ne rend que plus nécessaire la discrimination des principes de culture objective et des éléments de convictions subjectives dont les racines descendent au fond de l'inconscient. Dans toute culture, souvenons-nous de la parole pascalienne, « tout ce qui a été faible ne peut jamais être absolument

(1) *Loc. cit.*, p. 115. L'auteur ajoute : « Les médecins disent qu'à cet âge sévit une mortalité qui peut se comparer à celle des bébés. »

fort ». Dans une prise de culture il faut commencer droitement.

Et nous revenons ainsi, par les voies les plus diverses, à cette dialectique de nature et de culture sur laquelle nous voulons encore insister en conclusion à cette trop longue introduction.

XII

L'homme est homme par sa puissance de culture. Sa nature, c'est de pouvoir sortir de la nature par la culture, de pouvoir donner, en lui et hors de lui, la réalité à la facticité. L'énorme masse de la nature désordonnée devant le petit lot des phénomènes ordonnés par l'homme ne peut servir d'argument pour prouver la supériorité du naturel sur le culturel. Bien au contraire, la science contemporaine qui se développe et qui crée à partir de l'énorme chaos naturel donne tout son sens à la puissance d'ordre latente dans les phénomènes de la vie. Prenons le problème en chimiste.

La Terre, dans ses phénomènes actuels, est bien pauvre en enseignements chimiques. Sans doute nous marchons sur des sulfures et des oxydes, nous habitons des carbonates. Mais les minéraux ne sont plus que des histoires, de lointaines histoires, d'une activité inter-matérielle arrêtée. A cet égard, les minéraux naturels sont, si l'on ose dire, des fossiles de pensée scientifique. Le monde inanimé est un monde presque dépourvu de phénomènes inter-matériels. Il faut l'occasion de la foudre pour faire de l'ozone. Il faut un volcan pour prouver que le laboratoire de la Terre est encore, dans les profondeurs, en activité. Mais toute cette chimie cosmique est, en quelque manière, *irrégulière*. Quand on en parle dans les livres pour exciter l'intérêt à la science, de tels phénomènes tombent sous la loi d'une chimie grandiloquente sans grande portée culturelle. Au contraire, quand la science contemporaine va s'instruire sur les phénomènes de la chimie stellaire, sur les phénomènes des rayons cosmiques, quand elle retrouve ainsi le *laboratoire de la nature*, c'est après avoir parcouru un long préambule d'études techniques poursuivies dans les laboratoires de la cité scientifique. Directement, le phénomène naturel en chimie n'instruit plus guère.

C'est précisément les phénomènes de la vie qui ont en quelque sorte réintroduit les phénomènes chimiques sur la planète matériellement endormie, devenue chimiquement inerte. La plante est un alambic, l'estomac est une cornue. Avec les êtres vivants, il semble que la nature s'essaie à la facticité. La vie distille et filtre. La planète verte, les forêts et les prés, font de la photochimie et absorbent chimiquement l'énergie du soleil. Mais tous ces phé-

nomènes anté-humains vont être dépassés quand l'homme arrive au stade culturel. Le véritable principe œuvrant du matérialisme actif, c'est l'homme même, c'est l'homme rationaliste. Si l'on nous permettait de nous servir — pour une fois — d'un type d'expression périmé, nous dirions volontiers : la Nature voulant faire vraiment de la chimie a finalement créé le chimiste.

Si l'on accepte cette perspective, on peut considérer que, vis-à-vis des phénomènes chimiques naturels, la vie institue un premier ordre de facticité, elle développe parfois des phénomènes chimiques qui n'avaient pas eu cours dans les combinaisons chimiques anté-vitales. Et puis, au-dessus de cette première facticité, apparaît, en deuxième facticité, l'action rationaliste de l'homme chimiste qui fait autre chose que ne faisait la vie, qui fait autrement ce que la vie avait fait dans l'ordre de la création des substances.

Ce sont là, dira-t-on, des vues de philosophe. Du moins ce sont là des vues d'un philosophe qui fait, sur le domaine qu'il a choisi, son métier, celui de désigner aussi objectivement que possible la hiérarchie des valeurs de culture. Et nous sommes ici devant l'accession même aux valeurs de culture. Mais le philosophe n'est pas aussi isolé, aussi solitaire qu'on pourrait le penser. Et l'histoire de la chimie ne manque pas de savants qui ont défini leur science comme une science de la transformation radicale des substances naturelles. Un grand chimiste, Charles Gerhardt, n'hésitait pas, voici un siècle, à définir l'être chimique par cette transformation radicale. Pour lui, les corps chimiques sont ceux qui « naissent d'êtres dissemblables » (1). Les corps vivants ont un destin plus monotone : ils se *reproduisent*. Ils ne peuvent donner naissance qu'à des êtres semblables à eux-mêmes. Ils ne suivent qu'une chimie *partielle*, beaucoup moins variationnelle que la chimie rationaliste du chimiste contemporain.

Certes, une telle inversion dans les intérêts de la connaissance qui semble faire passer l'être chimique avant l'être vivant peut choquer. Mais n'est-ce pas là un fait historique ? Pourquoi donc la science chimique est-elle plus développée que la science biologique ? Pourquoi aussi la biologie actuelle, fort justement occupée à trouver ses thèmes de progrès autonome, reste-t-elle tributaire de la chimie. La chimie biologique et la biologie chimique se constituent en une région du matérialisme instruit.

Mais sans nous étendre sur ces perspectives philosophiques

(1) Charles GERHARDT, *Introduction à l'étude de la chimie par le système unitaire*, Paris, 1848, p. 4.

pourquoi donc reçoit-on un choc quand on pose la supériorité de l'être qui naît d'êtres dissemblables sur l'être qui, comme le vivant, naît d'êtres semblables ? Ce ne peut être qu'en vertu de privilèges épistémologiques accordés aux intuitions de la vie. Or, ces privilèges ne reposent que sur des intuitions naïves, ou du moins sur une prétention à une intuition directe, sans valeur pour une étude scientifique de la biologie. Ce fut un progrès quand on eut retranché des conceptions de la matière l'intuition d'une vie minérale. Nous ne sommes pas éloigné de croire que la biologie scientifique n'a rien à gagner à accueillir une intuition de la vie.

Mais, ne visons pas si haut. Restons dans le domaine où les preuves abondent. Un vrai chimiste voit précisément des *transformations* là où notre pensée paresseuse voit des *extractions*. Il est des gens qui croient encore qu'on « tire » le gaz d'éclairage de la houille. Charles Gerhardt sent le besoin d'écrire, en 1848, « le gaz qui éclaire nos rues ne préexiste pas dans le charbon de terre avec lequel on le prépare. Avec le bois ou la fécule, l'industrie fabrique du sucre ; avec le sucre, de l'esprit de vin ; avec de l'esprit de vin du vinaigre ; et, cependant, il n'existe ni sucre dans le vin ou la fécule, ni alcool dans le sucre, ni vinaigre dans l'alcool ». Nous aurons à revenir sur ces transformations successives, sur ces synthèses progressives. Insistons seulement sur ce fait que le texte que nous citons a plus d'un siècle d'existence. Si on avait encore besoin d'exemples on en trouverait dans la quotidienne production des nouveautés chimiques.

Charles Gerhardt ajoute, renforçant sa distinction entre une science qui transforme et une science qui décrit (*loc. cit.*, p. 9) : « Nous le répétons, la chimie proprement dite est dans les métamorphoses, dans les générations de la matière ; c'est là son caractère fondamental. Elle dévoile, dans les corps, leur origine et leur fin. La physique ne les considère qu'en tant qu'ils persistent. »

Ce dernier jugement sur la physique est sans doute à réviser. La physique, elle aussi, sous certaines de ses formes modernes, est sous la domination d'une philosophie de la transformation. Précisément, dans la synthèse épistémologique contemporaine où physique et chimie s'éclairent mutuellement, il faut noter l'implication des notions de matière et d'énergie. Nous aurons à étudier ainsi un matérialisme de l'énergie. De ce fait la puissance de transformation de la science à l'égard de la matière est encore accrue, de sorte qu'on peut tenir comme une bonne définition de la chimie le caractère fondamental dégagé par Gerhardt : la chimie est la science des transformations et des créations matérielles.

Nous reviendrons par la suite sur cette essentielle productivité

du matérialisme instruit ; mais, il importait, dès notre introduction, de présenter cette productivité comme un caractère fondamental du matérialisme. Nous nous trouverons d'ailleurs constamment devant le même paradoxe philosophique : c'est par le nombre accru des substances que s'institue de plus en plus rationnellement l'ordre matériel. Ce n'est pas, comme le voudrait l'esprit philosophique traditionnel, du côté de l'unité de matière que sont les sources de la cohérence des doctrines. C'est du côté de la complexité ordonnée.

Ainsi, en suivant le travail discursif de la science, on se rend compte que le pluralisme des transformations matérielles foisonne, que les diverses matières créées sont aussitôt des raisons pour augmenter le pluralisme de base, de sorte que le pluralisme de base s'accroît du propre accroissement du pluralisme de sommet. Il faut donc s'instruire au niveau de cet accroissement.

Dès lors le problème de l'unité de la matière qui a tant préoccupé les philosophes ne peut plus être posé comme un problème *initial*. Il est plus exactement *terminal*. La science moderne fait apparaître l'extrême vanité des solutions philosophiques qui ont été proposées. Il semble ainsi que le problème de l'unité de la matière se pose en des termes sans cesse renouvelés aux différents stades de progrès de la science. Chaque génération comprend alors, d'une manière récurrente, que le problème de l'unité de la matière était *mal posé* par la génération précédente. Un seul exemple : comment un grand chimiste comme Berthollet, un expérimentateur chevronné, pouvait-il se satisfaire d'une vue comme celle-ci : « Les puissances qui produisent les phénomènes chimiques sont toutes dérivées de l'attraction mutuelle des molécules des corps à laquelle on a donné le nom d'affinité, pour la distinguer de l'attraction astronomique. Il est probable que l'une et l'autre ne sont qu'une même propriété (1). » Pour montrer la vanité de telles vues de l'esprit, qui rapprochent l'astronomie et la chimie d'un trait de plume, il suffit, nous semble-t-il, de donner un autre texte où, cette fois, la synthèse gratuite perd toute mesure. Dans la même année où Berthollet publiait son *Essai de statique chimique*, de Bonald publiait une seconde édition « revue et corrigée » de son ouvrage : *Du divorce considéré au XIX^e siècle*

(1) BERTHOLLET, *Essai de statique chimique*, 1805, Introduction. De telles vues unitaires — aussi faciles que stériles, retiennent longtemps l'attention des philosophes. Quatre-vingts ans plus tard L. Bourdeau se réfère encore à l'opinion de Berthollet. Il écrit : « Tout porte à supposer que l'action chimique est analogue à l'action physique et se rattache à la gravitation. » Dans le langage de Bourdeau, la combinaison est une « collocation » (*Théorie des Sciences*. Plan de science intégrale, Paris, 1882, t. II, p. 272).

relativement à l'état domestique et à l'état public de société. On y lit (p. 68) : « Ainsi la similitude des êtres humains a produit des rapports entre eux..., comme la similarité des êtres matériels, considérés dans leur substance, produit des *affinités* ou rapports chimiques. » Des rapprochements entre thèmes si lointains enlèvent aux deux thèmes toutes valeurs de culture. Si des intuitions vagues peuvent bien s'adresser aussi à l'astronomie, à la chimie et à la sociologie, c'est qu'elles ne sont pas dans l'axe d'une recherche, dans l'axe du travail scientifique. En fait, toute vue synthétique doit être préparée discursivement par des études précises. Si l'on n'a pas vraiment suivi l'immense évolution des connaissances sur la matière, le problème de l'unité de la matière se formule en des questions prématurées. Ces questions, philosophiques, sorties d'un lointain passé, sont, à l'égard de la pensée contemporaine, des *questions d'ignorant*. Parfois le philosophe s'étonne que le savant moderne ne réponde pas à de telles questions. Il se prévaut de ce silence de la science sur ces « grands problèmes » de l'unité de l'être pour dénoncer la pauvreté philosophique de la pensée scientifique. Ainsi, c'est aux heures où les problèmes de la synthèse prudente et méthodique se posent explicitement, en réunissant des données plus nombreuses, plus claires, mieux vérifiées, aux heures mêmes où le difficile travail synthétique réussit que le philosophe se perd dans la nostalgie de la simplicité perdue. Mais, dans le règne de l'expérience, les origines sont de faux départs. Et cela est particulièrement sensible à l'égard des connaissances sur la matière. Nous avons déjà donné plusieurs arguments prouvant que la phénoménologie de la matière doit s'engager dans une sorte de deuxième position. Dans tout le cours du présent ouvrage, nous aurons à montrer une dialectique entre la recherche de l'unité et le constant travail de différenciation. Si l'on atteint, dans des domaines particuliers, à une vue unitaire sur les phénomènes de la matière, aussitôt cette vue unitaire favorise la conscience diversifiante et l'aide à formuler des plans de création pour des substances nouvelles. Toute perspective vers l'unité de la matière est immédiatement retournée en un programme de créations de matières. Plus nous approchons de la période moderne, plus efficace devient cette dialectique. Les premiers essais de rationalisme unitaire ne servent à rien. Ce sont des vues de l'esprit. Ce sont des vues philosophiques. Il faut vraiment venir aux temps modernes pour que le rationalisme chimique devienne un plan d'action. Nous devons donc décrire plusieurs rectifications du savoir pour arriver, au vrai départ, à l'origine du matérialisme actif.

CHAPITRE PREMIER

LE RATIONALISME ARITHMÉTIQUE DE LA MATIÈRE SOUS DES FORMES PRÉMATURÉES

« On a beau se moquer de ses béquilles,
on ne marche pas mieux pour cela. »

Henri HEINE,
De l'Allemagne, trad., 1884,
t. I, p. 117.

I

On a cru longtemps que pour l'étude de la matière, les caractères les plus manifestes étaient les caractères les plus essentiels. Et c'est ainsi que les 4 éléments : la terre, l'eau, le feu et l'air, qui correspondent à des expériences matérielles si manifestement distinctes, ont pu sembler propres à expliquer tous les phénomènes de la substance des choses. Cependant, tout compte fait, ces éléments sont plutôt les éléments d'une *cosmologie* que les éléments de base pour une étude expérimentale de la *matière*. Dans notre introduction, nous avons eu à distinguer entre phénoménologie des *objets* et phénoménologie de la *matière*. Si nous devons considérer dans toute son ampleur la doctrine des 4 éléments de la matière, il nous faudrait à côté de l'instance des objets et de l'instance de la matière considérée, une instance cosmologique. Nous aurions ainsi trois phénoménologies à fonder, trois attitudes de la conscience à définir selon que la conscience s'éclaire vis-à-vis des objets, vis-à-vis des natures, ou vis-à-vis de l'Univers, ou plus exactement des Univers. Nous reviendrons sur cette dernière attitude dans un autre ouvrage. Mais dans ce livre où nous nous orientons lentement sur des vues de la science positive il faut que nous indiquions au passage toutes les déviations de l'histoire des idées. Et c'est une déviation, et c'est une idée simple, et c'est une idée philosophique de poser un élément d'origine, d'espérer expliquer le monde par l'eau, par le feu, par l'éther. Des trois instances d'extériorisation : objets, matières,

mondes, la plus objectivante, celle qui donne à la conscience son attitude la plus réaliste, c'est, de toute évidence, l'instance matérialiste. Il nous faudra donc la dégager de l'instance objectiviste et de l'instance cosmologique. Cela ne peut se faire brutalement parce qu'à cet égard l'histoire de la pensée scientifique ne connaît aucune brutalité. Tout est mêlé dans les pensées naïves, par exemple il y a une objectivité du feu, une matérialité du feu, une cosmicité du feu et tout cela fait une philosophie à laquelle la tradition pourrait donner un grand nom.

Mais, pour être net par la suite, restons un peu longuement dans la position mitoyenne où les éléments jouent deux fois : dans le sens de la matérialité et dans le sens de la cosmicité.

En fait, l'étude de la matière, quand elle prend un aspect un peu positif, se rencontre sur l'étude des matières *terrestres*, les 3 autres éléments venant jouer à l'égard de la terre des rôles moins substantialistes que dynamiques. En d'autres termes, dès que les conditions expérimentales deviennent un peu nettes, la doctrine des 4 éléments se désymétrise et les 3 éléments : feu, eau, air, s'offrent, comme nous allons le voir, comme des *agents* plus ou moins actifs devant l'élément plus ou moins passif qu'est la terre.

Insistons un peu sur cette désymétrisation, car elle joue avec beaucoup de précision à la charnière du *rationalisme des 4 éléments* que nous étudierons bientôt et du *réalisme naïf* des phénomènes matériels. Cette désymétrisation qui met à part l'élément terre et qui donne aux 3 autres éléments des fonctions d'agents plus ou moins idéalisés est fort propre, croyons-nous, à faire sentir le heurt des conceptions idéalisantes et des expériences qui refusent l'idéalisation. Quand les idées se symétrisent trop bien, les expériences viennent bientôt s'opposer aux idées. Et c'est ainsi que l'empirisme de l'élément *terrestre* va, en bien des points du développement de l'histoire, s'opposer au rationalisme des 4 éléments. On verra alors s'instituer un rationalisme des 3 principes actifs (eau, feu, air) s'appliquant, comme moyens de *transformation*, aux matières terrestres pour les dissoudre, pour les volatiliser, pour les purifier. La séparation entre le rationalisme et l'empirisme s'est déplacée. Mais leur rapport épistémologique subsiste : dès qu'on instaure un rationalisme des agents, il fonctionne pour expliquer la diversité de l'expérience. Examinons donc d'un peu plus près ce moment de l'histoire du matérialisme où une doctrine des 3 principes entreprend de résumer tout le dynamisme des phénomènes matériels.

Ces 3 principes, au temps de Paracelse, sont le mercure, le soufre, le sel. De longues discussions traversent l'alchimie et la

préchimie (1) pour savoir si ces *principes* doivent être vraiment rattachés au mercure, au soufre et au sel communs. Le mercure philosophique n'est-il pas le principe de toute liquidité, la force même qui provoque toute dissolution ? Dans cette vue, le mercure commun n'apporte qu'un exemple de cette puissance de dissolution quand il dissout l'or ou l'argent. Mais, dans cette expérience, c'est le mercure philosophique qui agit et quand on pensera *action* et non seulement *substance*, il faudra reconnaître l'action de ce mercure philosophique dans toute dissolution d'une substance. De même, le soufre philosophique est le principe du feu et le soufre commun, riche sans doute de soufre philosophique, ne donne qu'un exemple du principe en action dans toute flamme. Quant au sel principal, il est vraiment « le sel de la terre », le principe qui donne à la terre sa consistance et sa fécondité. Pour Bernard Palissy, dont bien des pages appartiennent à la préchimie, le sel est le principe congélatif.

On voit ainsi comment les 4 éléments et les 3 principes sont mis en relation pour unir la cosmologie et la chimie. Ils règnent sur le monde et sur la matière. Il faut donc toujours considérer les éléments au double point de vue des éléments-principes et des éléments-matières.

A elle seule cette dualité porte la marque d'un esprit métaphysique qui veut réaliser le *général* sous le *particulier*, qui veut penser en profondeur avant d'avoir exploré toute la surface.

Quand, au xvii^e et surtout au xviii^e siècle, l'attention se porta sur les « esprits », sur les « gaz », sur « les airs » qui sortaient des réactions, la chimie adjoignit aux 3 principes de Paracelse le *principe aérien*. Mais cette adjonction ne changea guère la philosophie de la matière. Sans doute, il était plus difficile de penser un *principe aérien* comme valeur substantielle de l'air commun, qu'un *principe igné* à l'origine de toute combustion. On aurait donc pu, en cette occasion, résister au *dédoublement métaphysique* des principes et des matières. En fait, pour bien des philosophes, la pensée sur deux plans persista. Il n'est pas facile de rompre avec les habitudes de dualisme substantiel, trace de la division des instances de la matière et de la forme. Mais nous aurons bien des occasions de signaler la difficulté de s'installer dans un *matérialisme unitaire* établi sur le plan bien homogène de l'expérience matérielle scientifique.

(1) Nous distinguerons toujours dans cet essai entre ces deux corps de doctrine : l'alchimie se développant dans un climat idéaliste, tandis que la préchimie prépare le matérialisme scientifique.

De toute manière, on voit clairement qu'une philosophie des 4 éléments reste attachée à des thèmes trop généraux, à des principes dynamiques mal définis. On peut bien dire qu'avant les temps modernes, les phénomènes spécifiquement matériels n'avaient pas trouvé, malgré des siècles de pensées philosophiques et d'expériences communes, leur premier encadrement. Aucun phénomène chimique n'avait trouvé réellement une description positive formulée dans le style des transformations fondamentales de la matière, dans le style d'un strict intermatérialisme.

On peut affirmer, par exemple, que les phénomènes de la combustion ne pouvaient trouver un rudiment d'explication tant qu'on les considérait comme les *phénomènes du feu*, comme les phénomènes directs de l'élément feu, comme la manifestation d'un *principe igné*. Il faudra que la combustion soit caractérisée dans ses effets chimiques par l'étude des matières transformées pour qu'on en comprenne le sens *matériel*. Alors la combustion passera du rang d'un phénomène *cosmique* au rang d'un phénomène *matériel*. On comprend du reste l'impossibilité de comprendre *matériellement* la combustion tant qu'une des *matières* intervenant dans le phénomène (l'oxygène) était inconnue. Le fait que l'air était nécessaire à la combustion n'avait certes pas échappé aux chimistes mais on ne comptabilisait pas bien l'importance de l'air dans un bilan précis des matières engagées dans la combustion. La notion d'élément *naturel* restait une valeur sourde de l'explication. Priestley, qui est cependant un des plus grands savants *artificialistes* du XVIII^e siècle, garde encore une valeur au caractère *naturel* de l'élément air. Ce privilège de l'élément naturel apparaît dans ce curieux passage où Priestley nous fait, suivant sa coutume, confidence de ses mécomptes devant l'expérience : « Je m'étais figuré une fois que puisque l'air fixe et l'air inflammable sont l'opposé l'un de l'autre en plusieurs propriétés remarquables, leur mélange serait de l'air commun... » Ainsi l'élément *naturel* eût réalisé la compensation des contraires (1). On le voit, l'accession de l'élément *naturel* : air au rôle d'élément *chimique* est particulièrement difficile. On s'explique donc bien qu'on ait pu fort longtemps manquer à comprendre d'un point de vue *matériel* les phénomènes de la combustion.

Nous insistons un peu longuement sur ce point car il nous paraît très propre à montrer la dialectique du naturel et de

(1) PRIESTLEY, *Expériences et observations sur différentes espèces d'air*, trad., p. 80.

l'artificiel dont nous verrons par la suite l'action de plus en plus grande. Nous sommes en effet ici devant un paradoxe épistémologique insigne : l'aspect le plus évident du phénomène de la combustion (le feu) masque la réalité profonde, une réalité que le chimiste doit penser matériellement, c'est-à-dire dans un intermatérialisme, sans occuper son attention aux jeux infinis de la flamme, sans se laisser prendre à la prodigieuse variété des diverses substances enflammées. On pourrait fixer les temps modernes de la chimie à partir de cette inversion : flamme-cendres. Alors que les cendres sont des résultats offerts à une étude positive, la flamme n'était qu'un phénomène trop pittoresque, trop gratuitement individualisé. Quand Lavoisier prouve que la respiration est une combustion (un feu sans flamme), nous entrons plus avant dans le règne de la science moderne de la matière. Au lieu de la phénoménologie naturelle de la flamme qui réveillerait en nous les puissances de l'inconscient, voici l'entrée en action d'une *phénoménologie dirigée*, d'une phénoménologie qui a besoin de l'aide de la conscience cultivée, de l'apprentissage, d'un passé de pensée qui n'est pas proprement le passé de notre pensée personnelle.

Ainsi l'expérience scientifique positive passe désormais par l'intermédiaire d'une essentielle expérience de pensée sociale. Elle est devenue, qu'on le veuille ou non, une réalité d'enseignement. Elle ne peut être séparée d'un dogmatisme légitime puisque ce dogmatisme a, du fait des succès de l'expérience scientifique, une fonction qu'on ne peut méconnaître, une fonction qui échappe aux critiques naïves de la philosophie, aux doutes massifs qui précèdent l'engagement dans l'expérience. Quand un phénomène comme la combustion reçoit une si prodigieuse extension comme ce fut le cas pour l'explication lavoisienne de la respiration, la *réduction de la phénoménalité* est totale, est brutale. La flamme, signe de la phénoménalité manifeste, est maintenant déclarée comme un phénomène sans portée essentielle.

Mais voici la contrepartie : une telle réduction de la phénoménalité n'agit que sur la conscience de la culture scientifique. Une culture « générale » qui n'accède pas à la culture scientifique ne peut guère s'intéresser à des réductions de la phénoménalité qui transforment le monde naturel en un monde artificiel. Une philosophie existentialiste dénoncerait même une telle réduction de la phénoménalité placée si loin des valeurs premières qu'elle ne peut plus être rattachée à la conscience de respirer. Jamais une philosophie existentialiste ne consentira à identifier respiration et

combustion. En cette occasion, comme en beaucoup d'autres, l'existentialisme est plus près des valeurs oniriques que des valeurs d'expérience. N'est-il pas extrêmement significatif que les valeurs attribuées par l'inconscient à la respiration soient à la fois des valeurs du feu et des valeurs du rafraîchissement ? L'air balsamique possède — en bonne règle de la valorisation onirique — les deux valeurs contraires du chaud et du froid. Mais, pour trouver le véritable *départ* du matérialisme instruit, il faut s'engager dans la ligne de l'artificiel, très loin de l'*origine* de la connaissance sensible, soit dit pour marquer encore au passage la dialectique de la notion d'origine absolue et de l'expérience épistémologique des nouveaux départs pris à des stades de culture de plus en plus avancés.

Ainsi la connaissance discursive de la matière ne peut se satisfaire — moins encore que toute autre connaissance — des premières apparences ; elle ne peut suivre le premier engagement ; elle ne peut même plus suivre le long passé de culture qui était attaché à la considération des 4 éléments. Faute d'un encadrement rationnel adéquat, la philosophie des éléments restait décousue, occasionnelle, contingente. Dans une telle philosophie de la matière, il n'y avait aucune raison de passer d'une expérience à une autre. L'individualisation des expériences était trop forte. Il y manquait un véritable tissu de pensées scientifiques bien coordonnées. Nous montrerons que la chimie moderne, au contraire, est, dans toute l'acception du terme, un *tissu* d'expériences, un ensemble croisé d'expériences, ayant chaîne et trame, où la pensée se confirme par de multiples recoupements.

II

Mais la simplicité rationalisante peut être aussi stérile que la simplicité d'une adhésion immédiate à des traits manifestes de la phénoménalité. On pourra en effet facilement se convaincre que l'alchimie et la préchimie ont longtemps souffert d'un faux rationalisme arithmétique. Nous allons donner un léger dessin de ce faux rationalisme appliqué, de ce rationalisme qui impose le nombre *quatre* à de multiples aspects de l'univers, en relation précisément avec la doctrine des 4 éléments matériels. Il faudra ensuite se demander si ce rationalisme du *quatre* n'est pas le résultat de sourdes rationalisations, s'il n'est pas le signe de tendances inconscientes cachées. On verra alors, sur cet exemple précis, l'antinomie de la *rationalisation* et de la *rationalité*, la curieuse opposition des rationalisations qui ne raisonnent pas, et

de la rationalité sans cesse rectifiée, sans cesse discursivement précisée.

Mais prenons d'abord le problème dans sa zone claire, dans la zone qu'on donne comme claire en suivant les *premières* séductions de la connaissance des nombres. Une sorte d'*infantilisme de l'arithmétique* nous incline à croire que les premiers nombres ont plus de *réalité* ou se *réalisent* plus profondément que les nombres plus élevés. On ne veut donc pas aller très loin dans l'ontologie des nombres. L'ontologie des nombres ne veut surtout pas se diluer, ne veut pas se perdre dans une multiplicité indéterminée. Alors certains nombres simples se présentent comme des repos d'ontologie numérique, repos souvent troublé par des sollicitations à la réduction. Par exemple, à peine a-t-on avancé le *quatre*, comme nombre organisant la matière, que l'on sent se manifester la sensation de réduire les 4 éléments à 3, de les réduire à 2. La doctrine des 4 éléments est touchée parfois, dans le cours des siècles d'une sorte de mauvaise conscience. La conscience objectivante et la conscience rationalisante sont en effet en opposition. « Pourquoi pas plus », dit la conscience objectivante ? Pourquoi pas moins, dit la conscience rationalisante ? La lutte du *quatre* et du *deux* par exemple, est de tous les temps. Ici jouent à la fois les images dynamiques de l'opposition matérielle et le concept d'opposition logique. Si les éléments se disaient purement et simplement *oui* et *non* comme des logiciens qui pensent et contrepensent avec la contradiction, quelle clarté ! Quelle vue principielle sur l'origine et le destin des choses ! Et si les éléments matériels étaient hostiles deux à deux comme des êtres ennemis, en nette discorde comme des hommes en colère, comme chien et chat, comme feu et eau, quel réalisme ! Quelle primitive adhésion dynamique à la nature des choses !

Ainsi une sorte de besoin d'admettre une simplicité primitive prépare une rationalisation des énigmes. On trouve le secret œdipien en appliquant à l'homme l'arithmétique du deux-trois-quatre. Avec de petits nombres on fait de grands problèmes philosophiques. Déjà, en dessous du 4 s'agitent des querelles ontologiques. Ces querelles prouvent à elles seules le caractère rationnellement impur des déterminations quaternaires. Mais nous reviendrons sur la question. Nous voulions simplement avertir le lecteur pour le détourner des fausses valorisations sourdes et intimes de donner maintenant un exemple des valorisations ingénues étalées dans une extension sans bornes.

Voici en effet, en suivant Agrippa, quelques échelles quaternaires qui, parties des 4 éléments matériels, vont former les

cadres de toute une cosmologie. On remarquera tout de suite leur excessive domination sur les espèces de phénomènes les plus hétéroclites. Cette domination est un signe de rationalisme intempérant, d'un rationalisme qui obéit à une sorte d'ivresse de la clarté, à un espoir surhumain d'encadrer tout l'univers dans l'unité d'une méthode, à une prétention idéalistique — ici, elle va paraître bien naïve — de dominer le monde par une méthode d'examen.

Le point de départ du processus d'intégration cosmologique d'Agrippa est le suivant : puisque l'univers comporte *quatre* éléments, il faut que tout dans l'univers et dans l'homme même s'explique d'une manière *quaternaire*. Voici, en simplifiant un peu, l'échelonnement quaternaire d'Agrippa (1) :

A la terre correspondent les pierres		
A l'eau	—	métaux
A l'air	—	végétaux
Au feu	—	animaux

Reprenons maintenant les pierres, les métaux, les végétaux, les animaux et distribuons-les sur le mode quaternaire :

Les pierres peuvent être	{	Obscures	Terre
		Transparentes.....	Eau
		Flottantes (Pierres ponce) .	Air
		Silex	Feu
Les métaux se classent en...	{	Plomb (et argent)	Terre
		Mercure.....	Eau
		Cuivre et étain (2).....	Air
		Or et fer	Feu
Les végétaux comprennent ..	{	Racines	Terre
		Feuilles	Eau
		Fleurs	Air
		Semence	Feu
Les animaux se classent en..	{	Vers, taupe, reptile	Terre
		Poissons	Eau
		Oiseaux	Air
		Cigales, Salamandres	Feu
		(et d'autres animaux qui ont une « chaleur de feu » comme les pigeons, les autruches, les lions).	

(1) Nous suivons la traduction française de 1727, La Haye : Cornelius AGRIPPA, conseiller et historiographe de l'empereur Charles V, *La philosophie occulte*. Cet ouvrage paru en 1533 est très lu et très souvent cité par les alchimistes des xvi^e, xvii^e et xviii^e siècles.

(2) Etain = plomb léger.

Après cette deuxième distribution qui joint la domination « rationnelle » du quatre à la matérialité des 4 éléments, on peut aborder une troisième distribution. Ainsi l'anatomie d'un animal donnera le quaternaire suivant :

Os.....	Terre
Humeurs	Eau
Chair	Air
Esprit vital	Feu

Un autre étage d'explication aboutira au quaternaire des humeurs :

Humeurs {	Bile noire	Terre
	Pituite	Eau
	Sang	Air
	Colère	Feu

Bien souvent, on retient les 4 humeurs sans se référer aux éléments. Au lecteur de juger si cet arrière-plan matériel ne ruine pas l'établissement de 4 humeurs fondamentales.

La psychologie trouvera, elle aussi, son plan, d'accord avec le plan universel des substances. L'homme distribué sur le mode quaternaire a les correspondances suivantes :

Sens	Terre
Imagination	Eau
Raison	Air
Entendement	Feu (1)

Les gestes de l'homme eux-mêmes — lointaine origine de la psychologie du comportement ! — obéiront à une dynamique des éléments :

Mouvements lents	Terre
Crainte et paresse.....	Eau
Humeur gaie	Air
Colère (passion)	Feu

Aussi facilement, Agrippa « distribue » les planètes :

Ciel inférieur	Terre
Saturne et Mercure (et la Lune)	Eau
Jupiter et Vénus	Air
Mars et Soleil	Feu

(1) Chez Paracelse, dit JUNG (*Paracel*, p. 115), les symboles de la lumière se rapportent toujours à la conscience et au devenir conscient.

Les fleuves de l'enfer n'échappent pas à cette cosmologie forcenée :

L'Achéron	correspond	à la terre
Le Styx	—	à l'eau
Le Cocyte	—	à l'air
Le Phlégéon	—	au feu

Les anges eux-mêmes suivent la caractérologie matérialiste :

Les chérubins ont rapport à la terre
 Les thrones et les archanges ont rapport à l'eau
 Les dominations et les principautés ont rapport à l'air
 Les séraphins, les vertus et les puissances ont rapport au feu

Et Agrippa, sans bien développer les sommets de sa théologie, conclut tranquillement (*loc. cit.*, t. I, p. 26) : « Les éléments sont donc dans l'auteur du monde. »

Naturellement les exemples foisonnent de cette complaisance pour une organisation quaternaire du Cosmos et nous n'aurions pas d'excuse de nous appesantir sur de telles vésanies, si nous ne rencontrions qu'un rêveur isolé. Ces rêveries n'ont pas toujours l'extrême extension des divisions que nous venons de relater. Mais une courte allusion suffit à établir la permanence du thème. Par exemple, Brunetto Latini, au XIII^e siècle, professe que si l'arc-en-ciel se compose de « 4 teintes » c'est parce que chaque élément y met sa couleur (1). Au fond, c'est la doctrine des 4 éléments qui oblige à compter 4 couleurs dans l'Iris et pour renforcer le réalisme on décide que chaque élément est facteur d'une « teinture spéciale ». La rationalisation trouble la simple observation.

Chez d'autres auteurs, l'explication quaternaire est en quelque manière redoublée et l'on croit rendre plus opérant le rationalisme du quatre en le transformant en un rationalisme du seize. On lit dans l'édition critique de l'*Univers de Pontus de Thiard* de John Lapp (New York, 1950, p. 60) : « Quelques autres donnent quatre qualitez à chacun element, pource qu'ils recognoissent seize differences de corps : chaud, froid, humide, sec, pesant, leger, rare, espais, poli, aspre, dur, mol, transparent, opaque, aigu et obtus... desquelles différences, les sens plus corporels sont juges et explorateurs. Le feu est chaud, sec, rare et aigu ; le froid, l'humide, l'épais et l'obtus sont pour l'eau ; et pour l'air, le mol, le poli, le léger et le transparent ; demeurant à la terre, le dur, l'aspre, le pesant et l'opaque. » Texte qui dit assez nettement

(1) DENIS, *Le monde enchanté*, p. 55.

que le matérialisme naïf ne quitte pas aisément les caractères sensibles... Corrélativement à ce réalisme qu'on croit direct, la classification en 4 fois 4 donne une satisfaction à un rationalisme qu'on tient pour convaincant.

Nous nous sommes permis, au risque de lasser le lecteur, de donner dans son intarissable développement cette *induction matérielle* particulière. Nous voulions ainsi fournir un exemple d'un procédé d'explication aussi peu exigeant du côté de la raison que du côté de l'expérience. De telles analogies qui vont, sans arrêt, d'un domaine d'observation à un autre, nous semblent naturellement maintenant tout à fait gratuites. En les laissant à leur lointain passé on peut croire qu'elles ont eu au moins l'avantage d'une première classification du donné. Mais nous sommes, quant à nous, plus sévère et nous les désignons précisément comme des obstacles épistémologiques, comme des obstacles à l'organisation rationnelle du matérialisme. Pour accentuer encore notre jugement, donnons deux excès contraires, empruntés, cette fois, au XIX^e siècle, l'un dirigé vers une rationalité affirmée dogmatiquement, l'autre négligeant toute prudence, toute raison dans l'application de la quaternité.

Du côté rationnel, comment en effet ne pas s'étonner qu'un historien des mathématiques ait pu affirmer — sans toutefois donner une référence historique — que s'il y eut des essais d'arithmétique à base quatre, ils sont dus à l'espoir d'informer rationnellement la doctrine des 4 éléments matériels ? Autrement dit, les 4 éléments matériels auraient incité à construire une arithmétique à base quatre, arithmétique plus *réaliste* que l'arithmétique formée sur la base dix ou la base douze. Voici en effet ce qu'on lit dans le livre de Libri, *Histoire des sciences mathématiques en Italie* (t. I, p. 195) : « La division de l'univers en 4 éléments, les 4 âges du monde et les 4 tempéraments de l'homme... *prouvent* ... que le nombre 4 a été la base d'un système de numération. » Nous avons souligné un mot du texte, car ce mot indique bien clairement la perversion d'un sentiment de la preuve. Il reste très symptomatique qu'un historien, d'ailleurs averti du développement scientifique, noue aussi facilement une organisation rationnelle, comme est l'arithmétique, à des constructions imaginaires comme celles que nous avons présentées en résumant la cosmologie d'Agrippa.

Voici maintenant l'autre document où apparaît l'application si évidemment monstrueuse d'une sociologie du quatre qu'il n'y a pas besoin d'en faire un commentaire. Henri Heine dénonce justement un mémoire « d'un gentillâtre de Wesphalie », « un

maître sot », « qui supplie le gouvernement de Sa Majesté le roi de Prusse d'avoir égard au parallélisme conséquent que la philosophie démontre dans l'organisation du monde, et de faire des séparations politiques plus sévères, vu qu'à l'instar de ce qui se voit dans la nature, où sont les 4 éléments le feu, l'air, l'eau et la terre, il y a dans la société 4 éléments analogues qui sont la noblesse, le clergé, les bourgeois et les paysans » (1).

Cet anachronisme de la sottise suffit à montrer qu'on ne peut, sans dommage, recommencer des rationalisations périmées.

Mais si les applications de la doctrine des 4 éléments, dans le passé comme dans le présent, dénoncent si crûment leur naïveté, si ces applications prennent si facilement des formes délirantes, il faut bien qu'une grande force résiste à la réduction de tels fantasmes. Il nous faut maintenant revenir en arrière et essayer de dégager les sources profondes de convictions qui agissent dans les domaines les plus divers. Nous aurons ainsi l'occasion de montrer qu'une philosophie de la matière engage d'abord l'homme entier et qu'il faut par conséquent une tenace psychanalyse pour placer la philosophie chimique dans le climat de la rationalité.

III

C'est en étudiant un grand lot de convictions irraisonnées que C. G. Jung a mis à jour la racine inconsciente de la quaternité. Nous allons brièvement rappeler ces travaux.

En les suivant, nous voyons précisément en action une rationalisation sur base inconsciente bien différente d'une rationalisation qui s'appuierait sur la rationalité effective des nombres. Si l'on descend dans cette région d'une arithmétique inconsciente, il semble que les nombres ne servent plus à compter ; ils servent bien plutôt à nommer. Qu'on relise, par exemple, dans le livre *Symbolik des Geistes* (Zurich, 1948) le chapitre consacré au « problème du quatre » et en particulier le paragraphe qui a pour titre : *Die Psychologie der Quaternität*. Le quaternaire y est donné comme un achèvement du ternaire, lui-même donné comme une domination de la dualité. Les nombres s'avancent de l'un au quatre comme les avatars de la sexualité, les nombres impairs étant porteurs de la valeur masculine, les nombres pairs porteurs de la valeur féminine, sans d'ailleurs que cette numération sexuelle puisse aller très loin. C'est déjà trop d'exprimer ces valeurs sous les signes abstraits et généraux du pair et de

(1) Henri HEINE, *De l'Allemagne*, nouv. édit., 1884, t. I, p. 179.

l'impair. Pour dégager la valeur des symboles, il faut suivre leur lent déplacement et les déterminer précisément comme des arrêts du processus de symbolisation. Arrivée au *quatre*, l'arithmétique de la sexualité paraît bien terminée. Et c'est précisément pour cela que commence avec le symbole du quatre l'intempérance des applications dont nous avons donné quelques exemples.

Sans doute la conscience rationnelle condamne bien vite, sous le nom de billevesées cette arithmétique sexualisée. Mais un lourd psychologisme n'en reste pas moins en surcharge des pensées raisonnables et l'inconscient, qu'on le veuille ou non, coule ses propres intérêts dans les premiers signes ; il fonde lui aussi son arithmétique sur ses propres valeurs suivant l'intense dialectique de la sexualité. Qu'on ne s'étonne pas alors de voir les symboles les plus divers touchant les mythes, les religions, les contes, les rêves, se confirmer les uns les autres. Sans doute, on ne suit pas volontiers la diffusion de ces symboles obscurs dans les premières expériences objectives. On répugne à inscrire une action inconsciente à la base d'un savoir objectif, à la base d'un savoir scientifique. On sait bien que l'attitude scientifique consiste précisément à résister contre cet envahissement du symbole. Mais on fera mal le bilan des valeurs scientifiques si on laisse de côté toutes ces germinations singulières qui, elles aussi, prétendent produire des formes objectives.

En effet, tandis que l'inconscient compte en *valeurs de libido*, la sublimation va se déterminer en des figures géométriques faciles. Quelle tentation de se masquer dans la lumière même des images ! Avec le *trois* rêvé dans sa masculine chaleur, en sa figure de feux tout en pointe, apparaîtra le triangle. Avec le triangle, les poussées inconscientes affleurent dans la claire conscience. Mais ce n'est pas le triangle avec des bissectrices, des médiatrices, des hauteurs, c'est un triangle vraiment plein, vraiment poussé d'un seul germe, du germe igné. A ce point de virement de l'inconscient et du conscient, les recherches de C. G. Jung nous permettent de poser la double perspective d'une diphénoménologie, d'une phénoménologie qui révèle, d'un côté, la prise de conscience elle-même, l'ascétisme de la conscience qui trouvera sa joie dans les disciplines scientifiques — et une phénoménologie qui reconnaît d'un autre côté, la sourde persistance de l'inconscient, l'avidité jamais satisfaite de rêveries inconscientes. Jamais sans doute nous ne parviendrons à équilibrer nous-même cette diphénoménologie à laquelle nous réfléchissons depuis plusieurs années. Dans les présentes pages nous surchargeons le plateau inconscient. A la fin du présent livre nous n'aurons plus guère en vue qu'un

schématisme clairement intellectualisé. Mais ce déséquilibre n'est pas uniquement notre fait. Il est dû précisément au progrès de l'artificialisme, à ce que l'esprit scientifique dans le matérialisme chimique s'instruit en désertant la matière naturelle au profit de la matière humainement artificialisée. Nous faisons ces dernières remarques pour ne manquer aucune occasion de rappeler le thème général de nos réflexions sur cette étonnante institution d'une doctrine des substances socialisées de part en part.

Du *quatre* inconscient au *carré*, même virement des valeurs inconscientes et conscientes, même commerce impur de rationalisation et de rationalité. Comparé au triangle, le carré enferme mieux, il contient plus massivement, il garde plus solidement tout ce que le rêve confie à son intimité. Le carré est maternel. Le carré est terrestre. A lui seul, il figurera la maternité de la terre, la féminité forte. Les raisons claires viendront *après* pour donner à l'élément *terre* la forme du cube. Pour Platon — voyez le *Timée* — le cube est le corps géométrique d'évidente stabilité. Qu'on médite un peu et l'on verra qu'on n'arrive pas facilement à conjoindre le symbole du *carré* formulé dans sa richesse de rêveries inconscientes et la figure du *cube* livrée, par Platon, aux jeux géométriques de la raison (1). Là encore une diphénoménologie devrait se mettre à l'œuvre pour creuser, si possible *en même temps*, les deux perspectives opposées des valeurs de l'inconscient et des valeurs de la conscience. Il ne va pas de soi que ces deux perspectives se séparent par une décision logique, dans un choix définitif. Il faut vraiment en venir à des situations très décidément objectives, comme les situations culturelles modernes, pour être sûr d'assumer une conscience d'absolue rationalité. Qu'on se souvienne aussi que si la conscience de rationalité est éminemment éduicable, l'inconscient se maintient, contre vents et marées, dans l'intégralité de ses valeurs spéciales. Nous ne donnerions certes pas notre adhésion à la première partie du diptyque de C. G. Jung quand il écrit : « La conscience se laisse dresser comme un perroquet, mais l'inconscient résiste (2). » Pour nous, l'éducabilité rationaliste n'a absolument rien d'un dressage : il faut comprendre pour répéter ; la rationalité est *aussi* une valeur. Mais C. G. Jung, dans la deuxième affirmation, met le doigt sur un caractère absolu de l'inconscient : l'inconscient ne se laisse pas éduquer. Arrêté dans une voie, l'inconscient a souvent plus de

(1) Cf. E.-M. BRUINS, La chimie du *Timée*, apud, *Revue de Métaphysique et de Morale*, juillet 1951, p. 267.

(2) « Das Bewusstsein lässt sich wie ein Papagei dressieren, nicht aber das Unbewusste. » C. G. JUNG, *Psychologie und Alchemie*, Zurich, 1944, p. 75.

force pour se manifester dans une autre. Dans le moment même où s'étalent les intempestives quaternités cosmiques comme celles d'Agrippa, on a la preuve, du fait même de la profusion des applications, que la source profane des images quaternaires reste insensible à toute vérification. Être vérifié par *tout* est un moyen d'échapper à toute vérification.

Bien entendu, dans les temps modernes, quand il y a un contact, si insuffisant qu'il soit, entre les valeurs inconscientes et les valeurs rationnelles, l'inconscient se masque. Mais il continue à jouer un rôle et l'on ne gagne rien à effacer par décret un règne inaliénable, un domaine qui ne reçoit aucun processus d'aliénation.

IV

Mais nous ne voudrions pas donner l'impression que la modernité de l'esprit rationnel nous séduit au point de ne pouvoir étudier tous les essais de rationalité disséminés dans l'histoire des idées. Parfois des essais tout *individuels* de rationalité peuvent apporter une curieuse lumière sur les rapports de l'expérience et de la pensée. Certes une *rationalité individuelle* a de moins en moins de sens pour une philosophie rationaliste qui s'éduque au contact de la pensée scientifique, c'est-à-dire d'une pensée qu'on doit désigner maintenant comme une pensée de haute socialisation. Mais quand on vise, comme nous le faisons dans ces pages, la zone moyenne où inconscient et conscient restent conjoints, les efforts de première rationalité, tout individuels qu'ils soient, donnent de bonnes leçons sur la psychologie de l'esprit scientifique.

Avec Platon, on tient un exemple d'une grande sensibilité pour les déterminations épistémologiques que nous avons à envisager. La manière dont Platon institue la quaternité dans son rapport aux éléments matériels laisse en effet en équilibre les deux hypothèses d'une détermination par l'inconscient suivant l'explication de Jung et d'une détermination par la conscience claire. Voyons ce débat de plus près.

Il semble d'abord qu'il y ait, au départ, une franche adhésion à une dialectique de la sensation. Deux sens fondamentaux, la vue et le toucher, sont mis en correspondance avec deux éléments fondamentaux, le feu et la terre. Puis dans un deuxième mouvement de la recherche, les éléments air et eau sont introduits comme éléments intermédiaires. Platon, pour obtenir cette ordination des éléments, pose des rapports substantiels qui peuvent

être traduits sous une forme quasi algébrique. Pierre Duhem (1) transcrit ainsi ces rapports :

$$\frac{f}{a} = \frac{a}{e} = \frac{e}{t}$$

Ce qui se lit : le feu est à l'air, comme l'air est à l'eau ; et : l'air est à l'eau comme l'eau est à la terre. Sir Thomas Heath (2) accentue encore cet algébrisme. Il écrit les équations :

$$\frac{p^3}{p^2 q} = \frac{p^2 q}{p q^2} = \frac{p q^2}{q^3}$$

où le terme cubique p^3 représente le feu et le terme cubique q^3 représente la terre. Le « méson » platonicien $p^2 q$ est l'air et le « méson » $p q^2$ l'eau. Notons au passage que cette formulation mathématique vise le caractère tridimensionnel des objets réels tandis que les symboles traditionnels (carré, triangle...) sont essentiellement bidimensionnels.

Quoi qu'il en soit de cette dernière thèse, les commentaires du texte platonicien nous montrent comment les 4 substances élémentaires sont prises rapidement dans la lumière du *logos*. Les exemples de médiétés arithmétiques éclairent leurs rapports. Les nombres leur apportent, par la suite, une valeur d'enseignement qui apparaît dans la prolixité des commentaires intelligibles. Des exemples géométriques viennent encore renforcer cette intelligibilité. Une fois placées dans la lumière intelligible des nombres et des figures, une fois informées par la pensée algébrique, les pages du *Timée*, dit Pierre Duhem, deviennent si claires que « l'on s'étonne du nombre de commentaires et de discussions auxquels il a donné lieu ».

Mais toute cette lumière d'intelligibilité laisse dans l'ombre les sources mêmes des adhésions substantialistes. Pourquoi Platon part-il de la terre et du feu ? Pourquoi complète-t-il son matériel d'examen matérialiste précisément avec l'air et l'eau ? Le feu et la terre étant désignés par deux sens, on peut aussi désigner l'air et l'eau par les deux sens de l'oreille et de la bouche. Mais ne sent-on

(1) Pierre DUHEM, *Le système du monde*, Paris, 1913 (t. I, p. 30). Albert RIVAUD (*Notice du Timée*, 1925, p. 73) donne aussi les équations : $\frac{f}{a} = \frac{a}{e} = \frac{e}{t}$.

(2) Thomas HEATH, *Greek Mathematics*, I, 89, livre cité par F. MACDONALD CORNFORD, *Plato's Cosmology*, 1937. Ces diverses références sont données par C. G. JUNG, *Symbolik der Geistes*, p. 338.

pas que ces désignations sont « cherchées » plutôt que « données » ? Bref, feu, terre — puis air et eau — sont des notions formées à partir d'une instance plus profonde que ce qu'on voit, que ce qu'on touche, que ce qu'on entend, que ce qu'on goûte dans cette chambre humide qu'est la bouche.

Nous sommes donc bien fondés, croyons-nous, à proposer, pour l'interprétation des textes comme le *Timée*, en marge des explications d'intelligibilité, un type d'explication que, faute de meilleurs termes, nous appelons une psychanalyse matérielle. Autrement dit, les images matérielles soutiennent et alimentent des convictions profondes, des convictions qui ont échappé à la discussion intellectualiste.

Si l'on essaie de caractériser une sorte d'attitude de la conscience obscure devant cet ordre substantiel que la conscience claire traduit en proportions, on découvre que la conviction immédiate qui sert de base à ces proportions n'est autre qu'une participation à une intensivité substantielle. Pour l'inconscient, les 4 éléments se présentent dans une échelle d'intensivité. L'inconscient s'y *intéresse* comme à une sorte d'invitation à réaliser une valorisation substantielle. Les éléments réveillent — ou endorment — en nous des puissances, ou plus exactement des sympathies de puissance, des hostilités de puissance, bref ils sont, à la fois, des valeurs substantielles et des excitateurs universels de psychisme.

Chacun peut faire l'expérience, la double expérience — une expérience qui sert ou dérange des préférences — du double sens de la filiation indiquée par Platon. Les proportionnalités peuvent en effet être lues dans les deux directions : dans la direction de la solidité à la subtilité (terre → feu) et dans la direction inverse sur un axe de réalisation (feu → terre). Vraiment, quand on comprend par exemple les « proportions » qui mènent de la terre au feu, ne reçoit-on pas sa conviction d'une zone psychique étrangère à l'intellectualité d'une « moyenne proportionnelle » ? La mise en ligne est faite en dehors de toute intellectualité. Dans le double courant que nous venons d'indiquer se manifeste la puissance caractériologique de l'imagination matérielle. Le matérialisme devient ici une psychologie puisque le matérialisme ordonne des valeurs psychologiques. Le caractère est ici révélé par une attitude devant une *situation matérialiste*. Devant une matière particulière, quel est le devenir que se propose l'intuition matérialiste ; veut-elle que cette matière durcisse (devienne terre) ou qu'elle se subtilise (devienne feu). C'est cela l'intérêt majeur pour l'adhésion inconsciente : la discursivité

des rapports et des proportions est une plaidoirie intellectualiste pour défendre des intérêts plus ou moins cachés.

Ainsi, devant cette dualité d'un matérialisme ordonné soit dans des pensées claires, algébriques ou géométriques, soit dans les divers degrés d'une tonalité de l'acte substantivant, il faudra toujours se demander à quelle sphère de convictions on a affaire. Si l'on fait une enquête psychologique on sera étonné de la facilité de classer les réponses ; les résultats sont si nets qu'on pourrait leur accorder la valeur d'un test où se désignent les deux grands courants du matérialisme introverti et du matérialisme extraverti.

Une fois que ces deux courants sont bien désignés on se rend compte que bien souvent les convictions sont mixtes et qu'en particulier le rationalisme prématuré des 4 éléments est loin d'être un rationalisme pur. La philosophie classique, en particulier, adhère trop souvent à un rationalisme métaphorique sans bien mesurer les forces cachées de cette adhésion. Les portes de l'intelligibilité sont tout de suite ouvertes : l'admiration fait son entrée dans la philosophie. Le divin Platon compte bien vite un adepte de plus qui suit les constructions géométriques du philosophe, constructions qui apparaîtraient toutes gratuites si elles n'avaient pas leurs fondations dans la région des archétypes en réserve dans l'âme humaine.

Ainsi, même dans la pleine lumière du platonisme, nous croyons qu'il faut considérer des zones d'ombre. En dialectique avec la réminiscence des idées on peut déceler une reviviscence des archétypes que la psychanalyse nous a appris à considérer. De toute manière un débat est ouvert où doivent participer :

1^o *L'empirisme du quatre* qui prend comme un *fait* l'existence des 4 éléments ;

2^o *Le rationalisme du quatre* qui construit des systèmes en accordant aux rapports des éléments une immédiate intelligibilité ;

3^o *Le psychanalysme* ou plus généralement le psychologisme qui entreprend de mettre au jour les sources inconscientes de la conviction.

Suivant les documents fournis par la pensée mythique, ou par la pensée alchimique, ou par la pensée philosophique, on peut croire qu'une philosophie est dominante dans le triptyque empirisme — rationalisme — psychologisme. Mais, à l'examen, on se rend compte qu'avant la constitution du matérialisme instruit, les trois philosophies restent, plus ou moins sourdement, actives.

V

Précisément, nous devons sans cesse montrer l'action de cette philosophie mêlée, de cette philosophie confuse qui reste comme une pénombre des philosophies naïvement claires. Quand nous en viendrons à exposer les différents stades du symbolisme qui a effectivement aidé les progrès du matérialisme instruit, il deviendra bien apparent que ces symboles qui s'instituent dans une science tout artificialiste sont bien différents des symboles comme ceux de la *quaternité*. La tendance à *géométriser* le quatre sous la forme d'un *carré* est alors comme une géométrie analytique de la pensée confuse. Cette manière d'analyser par l'idée claire des expériences sensibles peut être donnée comme un exemple de la *rationalisation naturelle*, rationalisation qui est proprement l'inverse de la *rationalité*. Quand on arrivera au matérialisme rationaliste c'est qu'on aura arrêté définitivement la fausse lumière que donne un schématisme formulé pour retenir des expériences naïves.

Certes, le schéma du carré peut bien analyser les rapports et les oppositions du sec et de l'humide, du froid et du chaud. Mais si l'on se confie à la clarté du carré, on ne sait plus bien si l'on travaille sous l'inspiration de l'image géométrique ou si l'on se borne à traduire figurativement des expériences sensibles. De toute manière, ces qualités sensibles qui pourraient être associées dans une systématique de la sensibilité ne sont pas suffisantes pour préparer une systématique de la matière. Ce n'est pas avec d'aussi pauvres moyens caractéristiques que sont les sensations de chaud, de froid, d'humidité, de sec, de léger, de lourd, qu'on pourra préparer une organisation rationnelle des expériences objectives d'une science de la matière. La matière — est-il besoin de le dire ? — n'est pas le réceptacle des qualités sensibles ; pour en connaître les espèces, il ne faut pas partir des sensations ; il faut réfréner toute subjectivité et aborder l'intermatérialisme systématique.

Ainsi il nous faudra sans cesse dénoncer comme une erreur scientifique désastreuse ce qui est vérité psychologique durable. Et c'est seulement en fonction même de la dénonciation comme erreur scientifique par la culture scientifique que les découvertes psychologiques de la psychologie des profondeurs peuvent recevoir leur spécifique valeur.

On voit peut-être maintenant pourquoi nous disions la nécessité de travailler sur les deux bords des convictions humaines. La

doctrine des 4 éléments — formée sur des archétypes que le psychologue se doit d'étudier, car ces archétypes paraissent indestructibles — est, du point de vue strictement scientifique, une des plus mémorables erreurs de l'esprit humain. Autrement dit, les 4 éléments matériels — qui sont des sources d'images prestigieuses — ne sont, à aucun titre, de bons *éléments d'analyse* pour une étude scientifique expérimentale de la matière.

Cette « erreur scientifique ancienne » que la culture scientifique actuelle permet de dénoncer avec un dogmatisme qui peut déplaire — curieuse et symptomatique réaction ! — n'en reste pas moins, répétons-le, une constante valeur de l'imagination humaine. La philosophie de la culture, en révélant à la fois le total manque d'objectivité scientifique des 4 éléments et leur profonde subjectivité, détermine une action d'approfondissement psychologique. Sur un autre problème, sans d'ailleurs présenter la thèse avec assez de netteté, C. G. Jung rencontre cette *division* des horizons psychologiques qui se manifeste seulement quand la *culture* a permis une division des *thèmes de valorisation*, quand, dirions-nous, l'homme a acquis la *bivalence* (1).

Rien de plus commun dans la nouvelle anthropologie de langue allemande que la division du Geist et de la Seele, de l'esprit et de l'âme. Cette division, cette Spaltung, trouve ici un exemple de choix. Et sur cet exemple on doit, croyons-nous, sentir que les *objets* de l'âme sont *immuables* — disons sans dépasser le monde des documents psychologiques que les *objets de l'âme sont immortels* — tandis que les *objets* de l'esprit s'annoncent comme des *progrès de l'esprit*, comme des occasions de pensées prospectives et constructives, dans l'horizon de l'heureuse et féconde facticité.

Cette erreur de base à l'égard de la recherche *objective* est-elle une cause de la lenteur des progrès de la chimie ? Est-elle aussi une cause du désintérêt de bien des esprits cultivés à l'égard des études positives sur la matière ? Il le semble bien. En fait on peut maintenant être sûr qu'une expérience interprétée comme la manifestation d'une puissance *spécifique* d'un des 4 éléments est une expérience *objectivement* mal vue, mal faite, mal pensée. On n'aime guère s'appesantir sur une telle condamnation quand on a étudié durant une quinzaine d'années la *puissance d'images* des éléments matériels naifs. Mais, encore une fois, les idées ne sont pas des images ; les images ne préparent pas les idées ; souvent les idées doivent lutter contre les premières images, c'est-à-dire

(1) Cf. C. G. JUNG, *Symbolik der Geistes*, p. 356.

rompre l'immobilité des archétypes conservés au fond de l'âme. Ainsi nous verrons, au cours du développement de l'esprit scientifique, la technique réformer sans cesse l'expérience immédiate.

Pour se séparer des images, il faut agir sur le réel. La pensée matérialiste active devra donc inlassablement s'éduquer en opérant des transformations matérielles de plus en plus nombreuses. *Toute donnée doit être retrouvée comme un résultat.* En se donnant de jeu les 4 éléments, la pensée philosophique et la pensée alchimique n'ont pas eu à chercher des expériences de *réduction* à l'élément. Elles n'ont pas retrouvé l'élément comme résultat de nombreuses expériences contrôlées. Au contraire, la chimie moderne déterminera longuement la perspective expérimentale qui aboutit à *un élément*. Elle ne trouvera qu'au terme d'une longue évolution une *systématique des éléments*. Ainsi les éléments gagnent *lentement*, dans la science moderne, leur statut d'objectivité. On les institue dans leur état de *simplicité* par de longues opérations de *simplification*. L'organisation rationnelle de *l'ensemble des éléments* est tardive. Quand nous aurons établi, au lieu de la rationalisation de la quaternité, le rationalisme qui organise les 92 éléments de la chimie (1), nous comprendrons mieux l'aspect philosophique du lent ajustage du rationalisme et de la technique matérialiste. Mais nous pouvons dès maintenant affirmer que les doctrines philosophiques et alchimiques touchant les éléments sont des *doctrines d'images* et non pas des doctrines d'expériences. L'alchimie, répétons-le, ne prépare nullement la chimie : elle l'entrave. Pour aller de l'une à l'autre, il faut opérer un renversement de valeurs épistémologiques. Si l'on veut avoir un bon exemple d'une révolution épistémologique, il suffit de suivre les efforts de la chimie pour étudier la matière au-delà des apparences sensibles, en abandonnant résolument les convictions enracinées dans les archétypes de l'inconscient. C'est en sens inverse de la révolution copernicienne kantienne que s'opère cette transmutation des valeurs. La matière avec ses 4 éléments, avec ses 4 phases, tournait si bien autour de l'âme humaine ! Il faut cependant que l'esprit humain, sans catégories préalables, multiplie les circuits, tourne sans repos autour de la variété de la matière pour parvenir à comprendre cette variété. Alors l'esprit domine cette variété et aussitôt, paradoxe de la technique humaine, l'esprit scientifique commence à accroître la pluralité des matières naturelles.

(1) Aux dernières nouvelles (voir ci-dessous) il faut parler, en comptant les éléments transuraniens, d'un rationalisme du cent.

VI

Mais maintenant que nous venons de séparer, d'une manière sans doute bien brutale, les valeurs d'âme et les valeurs d'esprit, il est peut-être utile d'indiquer comment les premières échappent aux vérifications objectives, résistent à tout déracinement. Nous pouvons en effet montrer rapidement un caractère très spécial des doctrines alchimiques, caractère par lequel l'alchimie *évite la vérification* scientifiquement matérialiste. On va voir en action une sorte de *matérialisme idéaliste* qui se met hors d'expérience en postulant une idéalité invérifiable. Par ce processus d'idéalisation, l'alchimiste se couvre de tout risque d'échec devant la réalité. On pourrait donner la pratique alchimique, en cette occasion, comme une *conduite de succès*. Cette conduite de succès est, semble-t-il, la conduite symétrique de la *conduite d'échec* bien connue des psychanalystes. Elle consiste à prendre immédiatement *dans la pensée* un succès qui compense l'échec qu'on rencontre dans la *réalité*. Finalement la conduite de succès nie le réel en prétendant l'interpréter, en prétendant l'approfondir. On a dit souvent à propos des hypothèses scientifiques modernes qu'une bonne hypothèse est une hypothèse qui peut être mise en échec. Les hypothèses de l'alchimiste n'étaient pas de cette espèce. Insistons un peu sur ce point.

Nombreux sont en effet les textes où les éléments donnés d'abord comme *réels* sont doublés par des éléments *idéalisés* qui sont désignés alors comme les éléments *vérifiables*. La réalité va ainsi être subtilisée et la réussite dans l'ordre des valeurs idéalisées masquera tout échec dans l'ordre de l'expérience. Bornons-nous à un seul exemple bien symétriquement développé : nous l'empruntons à l'œuvre de Vigenère (1). Voici, pour chacun des 4 éléments, comme s'établit une dualité : réalité idéalité :

1° « Il y a deux sortes d'eaux ; l'une pure, simple et élémentaire ; et l'autre, la commune, dont nous usons, des lacs, puits, sources et rivières ; pluies et autres impressions de l'air » (p. 40).

2° De la même manière, il y a « une terre grossière, orde et infecte — et une terre vierge cristalline, claire et luisante contenue et enclose au centre de tous les composés élémentaires, où elle demeure revêtue et couverte de plusieurs enveloppes l'une sur l'autre ; en sorte qu'il n'est pas bien facile d'y arriver, que par une caute et bien graduée séparation par le feu » (p. 41).

(1) VIGENÈRE, *Traité du feu et du sel*, 1618.

3^o « Il y a aussi un feu qui se maintient presque de soi-même, et comme de rien ; si petite est la nourriture dont il a besoin ; dont il vient à être plus clair et lucide — et un autre obscur, caligineux, brûlant et exterminant tout où il s'attache, et soi-même enfin » (p. 41).

4^o Enfin, il y a « un air d'autre part pur et net, avec un autre corruptible... car de tous les éléments il n'y a rien de plus aisé à se corrompre que l'air ».

Comment ne pas voir dans ce texte une systématique volonté de séparer les *faits* et les *valeurs*, de distinguer les *faits impurs* et les *valeurs idéales* ? L'air contaminé par les mauvaises odeurs, le feu fuligineux et suffocant, la terre orde et infecte, l'eau elle-même qui se charge de mauvaises saveurs, ne peuvent permettre d'*accomplir l'œuvre*. Bien plus, les pernicieuses impuretés troublent non seulement les manipulations mais les pensées profondes. Et si un alchimiste, non initié de cœur et d'âme, échoue dans ses expériences, c'est non seulement parce qu'il utilise ces éléments grossiers, mais surtout parce qu'il pense avec les *propriétés* communes de ces éléments grossiers et non pas avec les *vertus* des éléments idéaux. Ainsi, une fois opéré le dédoublement complet et absolu, nous sommes en pleine expérience d'*idéauté*. Alors la pensée symbolique, entièrement détachée du réel, travaille cette idéauté. Ce travail de l'idéauté masque, par les fausses satisfactions de la pensée symbolique, les échecs de l'expérience réelle. L'alchimie apparaît bien alors comme un idéalisme de la matière, aux antipodes d'un rationalisme appliqué. L'alchimiste, en retrouvant les archétypes, perd toute possibilité de développer les concepts lentement formés dans le progrès de l'expérience réelle.

Il faut d'ailleurs signaler un paradoxe épistémologique étonnant qui prouve bien que l'alchimie se détache vraiment de tout matérialisme positif, qu'elle est en son essence, une déviation idéaliste. On peut en effet remarquer que l'élément terre est finalement l'élément le moins nettement spécifié. Pour un peu, on établirait un matérialisme sans l'élément terre. Langlois observe que, dans les auteurs du moyen âge qu'il a étudiés, on n'arrive pas à trouver une définition de l'élément terre. On fuit la matière terrestre pour vivre plus aisément dans les idéautés du feu, de l'air et de l'eau.

Pour beaucoup d'alchimistes, plus ou moins inconsciemment, la terre est un dépôt, une cendre, un résidu. Bien souvent, la terre est ce qu'on rejette comme *matériellement épuisé*, comme *dynamiquement inerte*, comme une *tête morte*. Même Paracelse qui contribua, ainsi que nous l'avons noté, à ruiner la doctrine des

4 éléments matériels en lui substituant sa doctrine des 5 principes plus précisément dynamiques, voit dans le cinquième principe, qui est précisément la *terre*, le *dernier* des principes, dans le sens péjoratif du terme. Les 4 autres principes : l'esprit ou le mercure — le phlegme ou l'eau — le sel — le soufre ou l'huile — sont des principes *actifs* ; ils ont des *actions* spécifiques qui dynamisent tous les phénomènes. Ce sont des *valeurs*. La terre, au contraire, est bien près de n'être qu'une condensation des *non-valeurs*. Elle totalise les « résidus fixes, secs et insipides » (Fourcroy, I, p. 99). Quand un médicament spagyrique aura une *action*, il le devra aux principes *actifs*. Dans cette vue, la terre n'est même plus le véritable principe actif de la sécheresse. C'est au *sel* que revient la vertu d'apporter à la terre elle-même la sécheresse. Le sel a les deux vertus contraires de la sécheresse et de la solubilité. C'est bien un archétype. On le voit, chez Paracelse, comme chez tant d'alchimistes, la terre n'est pas loin d'être le *vil élément*.

Ainsi s'ouvre une perspective d'intuitions où la terre *n'est que matière*, où l'étude des éléments actifs, dynamisés, spiritualisés se détache de l'étude positive de la *matière terrestre*. Sans doute, on opère sur des pierres qu'on calcine, sur des métaux qu'on dissout, sur de la chair qu'on distille. Mais la recherche est tendue vers l'*immatériel*, vers des *valeurs* arrachées à la vile matière, libérées de la matière. Plongés qu'ils sont dans la matière, les alchimistes ne sont pas vraiment des matérialistes : n'est pas matérialiste qui veut ! Nous aurons à montrer la longue patience que réclame une étude matérialiste de la matière, la difficile discipline qui lie systématiquement les phénomènes d'une matière aux phénomènes d'une autre matière, bref la difficile institution d'un strict intermatérialisme.

CHAPITRE II

LE PARADOXE DU MATÉRIALISME DES PHILOSOPHES. DE LA GÉNÉRALITÉ A LA SPÉCIFICITÉ. DE L'HOMOGENÉITÉ A LA PURETÉ.

« Le métal n'est que virtuellement différencié. »

HEGEL,
La philosophie de la nature, § 332.

I

Il n'est pas rare de trouver dans les jugements de valeur que le philosophe porte sur la notion de matière la trace d'une véritable antinomie.

Dans une première série de jugements de valeur, on tient en effet la matière comme un principe d'essentielle généralité. Elle est une entité assez générale pour soutenir, sans les expliquer, toutes les formes individuelles, toutes les qualités particulières. On ne lui reconnaît aucune force pour maintenir sa forme. Et même on peut la *priver* de ses qualités. Nombreux sont les textes alchimiques où l'on indique ce vœu de déqualifier la matière pour ensuite lui attacher une qualité choisie. Cette technique devient un mouvement de pensée philosophique assez commun, sans que la pensée philosophique mette bien à jour, en cette occasion, le sens de ses abstractions. Dans de telles vues, la matière n'est plus guère retenue que sous les signes de la quantité. La matière n'est alors que *quantité*, quantité immuable, quantité qui se conserve à travers toute transformation. Et ainsi, sous le signe de la quantité, grâce aux principes de conservation, la notion de matière est abandonnée au savant par le philosophe. En fait, de grands secteurs de la connaissance se développent d'accord avec la limitation du règne de la matière. Considérant la matière par sa

masse, par son volume, par son mouvement, une doctrine comme la mécanique rationnelle a une valeur d'explication insigne. Mais même lorsque le philosophe reconnaît le succès de telles explications scientifiques, il reste tout prêt à dénoncer le quantitativisme comme une abstraction.

Et voici alors l'autre pôle de l'antinomie : dans une autre série de jugements de valeur, on tient la matière comme la racine même de l'individuation, on lui donne, en tous ses éléments, souvent dans la plus infime partie, des qualités singulières, des qualités, par essence incomparables d'une matière à une autre. Sur la matière prise ainsi comme racine de toute individuation, on fonde un irrationalisme radical. Et l'on défie le savant de connaître la matière « dans son fond » (cf. BOUTROUX, *Les lois naturelles*). Au quantitativisme de la matière s'oppose alors un *qualitativisme*. Et le philosophe prétend que des intuitions toutes en nuance peuvent seules nous faire toucher la qualité. Il saisit la qualité en son essence comme on goûte un vin fin. Il vit les nuances. Il vit « immédiatement » la qualité comme si la vie sensible surindividualisait encore l'individualité de la matière offerte à la sensation.

II

Cette antinomie ne résiste pas à une étude attentive et patiente du monde de la matière. Une étude scientifique des phénomènes matériels — si cette étude travaille sur les deux bords de l'antinomie — nous livre, à la fois, des caractères généraux, comptables de la connaissance rationnelle et des caractères particuliers susceptibles de définitions expérimentales précises. La chimie, quand nous la suivrons en ses grands progrès, nous apportera par la suite bien des preuves de cette double détermination. Mais déjà, dans la connaissance commune, on a contact, d'une part avec des constances matérialistes qui dépassent la pauvre généralité avec laquelle on voudrait limiter la connaissance de la matière et, d'autre part, on trouve, dans les diverses matières, des propriétés très bien spécifiées qui permettent un accord particulièrement net entre les esprits.

En effet, comparer directement les matières aux matières, faire agir une matière sur une matière, suivre l'action du feu, de l'eau, de la lumière sur une matière, voilà des expériences immédiates qui peuvent fonder un accord préliminaire des esprits touchant le monde matériel, accord d'autant plus net qu'on barre plus nettement toute interprétation. Cet accord des esprits — ne

fût-il que provisoire — est déjà une objection à l'irrationalisme foncier qu'on met sous le signe de la réalité matérielle insondable. On peut certainement parler d'une *clarté matérialiste*, capable de rivaliser avec la *clarté géométrique*. Si le philosophe développe son protocole de doute en se référant aux caractères fluents d'une matière, à l'inconstance des qualités matérielles de la cire, il reste cependant bien *sûr* de pouvoir reprendre le lendemain sa méditation *à propos* de la cire. Le philosophe a d'ailleurs l'assurance d'être compris d'autrui quand il parle de la cire. Cette assurance ne serait pas plus grande s'il parlait de la forme des *cellules hexagonales* d'un gâteau de cire. Il y a des espèces matérielles susceptibles d'être entre elles aussi nettement distinguées que le cône et la sphère dans le domaine des formes. La cire ne sera jamais confondue avec le goudron, non plus que l'hydromel avec la panacée de Berkeley.

III

Mais si vraiment on peut isoler et distinguer des espèces matérielles, il va falloir les spécifier dans une certaine pureté matérielle, de même qu'on spécifie les objets géométriques dans une certaine pureté formelle. De même qu'on ne tient pas compte de quelques accidents contingents pour juger de la forme d'un objet, on ne doit pas noyer les espèces matérielles dans une diversité surabondante. Un détail substantialiste ne dérange pas plus une substance qu'un détail formel ne dérange la hiérarchie d'une forme. Autrement dit le matérialisme peut ordonner et hiérarchiser les substances avec des coefficients d'assurance comparables aux coefficients de la connaissance des formes. Le matérialisme instruit peut donc faire face, comme toute autre doctrine, à la diversité foisonnante des phénomènes et entreprendre, comme le tente toute doctrine, une œuvre de clarification.

Quand le matérialisme abandonne la fausse clarté d'une théorie des 4 éléments, des 4 racines simples de la matérialité, il est rendu à des recherches touchant les matières terrestres, les corps tangibles ; il est replacé devant l'extrême diversité des matières solides. C'est cette diversité qu'il s'agit de réduire et, si possible, d'ordonner.

La première démarche est de rompre avec le mythe philosophique d'une sorte de *diversité en soi*. Pour cela, il faut mettre en place une notion qui n'a pas toujours retenu assez l'attention des philosophes : la notion d'*homogénéité matérielle*.

A première vue, il pourrait sembler que la notion d'homogénéité fût comme une sorte de *catégorie* du matérialisme. Elle est, par bien des côtés, un repos dans le progrès des connaissances de la matière. Mais ce repos est toujours provisoire ; il est le point de départ d'une dialectique matérialiste : le chimiste cherche d'abord la substance homogène, puis il remet en question l'homogénéité, cherchant à détecter l'autre au sein du même, l'hétérogénéité cachée au sein de l'homogénéité évidente.

Ainsi avant d'aboutir à un répertoire des substances homogènes, des espèces chimiques, des matières fondamentales, le chimiste a besoin de nombreuses observations et expériences. La réalité n'offre souvent que des mélanges grossiers, que des diversités matérielles confuses. Une « analyse immédiate » selon le mot employé dans les traités de chimie, est donc une technique préliminaire indispensable. Mais cette technique élémentaire a, elle aussi, une histoire. Chaque époque reconsidère donc la doctrine des substances homogènes. On pourrait écrire toute l'histoire de la chimie en relatant les exigences d'homogénéisation aux différents stades du progrès de l'expérience. La substance homogène est un départ possible pour une étude de la matière. Dès qu'une matière est homogène, il semble qu'elle ait un signe substantiel. Elle échappe, par certains côtés, à la catégorie de la quantité : 2 g d'or et 5 g d'or manifestent, de la même manière, la substance *or*. Une substance peut être dite matériellement bien définie dès qu'elle est homogène. Une telle substance est l'occasion d'une connaissance matérialiste *claire et distincte*. Avec la considération des substances homogènes un cartésianisme matérialiste rigoureux est possible. Il semble qu'une sorte de *logique matérialiste* fondée sur l'expérience chimique manie les matières homogènes comme la logique formelle manie les termes bien définis. Le métal défie l'attention discriminante. Il donne au chimiste une conscience claire du *même*. Une substance chimique peut changer de forme en restant la *même*. Cette constatation, sans doute bien banale, prend cependant une tonalité nouvelle si l'on vise son application par le chimiste. On le verra mieux encore si l'on se souvient — nous reviendrons sur ce point — des temps où l'alchimiste inscrivait une vie dans les substances, professait un devenir des substances les plus homogènes. Dans la pensée scientifique moderne, le *même* est *immobile*. Nous entrons, avec la chimie, dans le règne des substances *nettes*, dans le règne des substances que la technique rend nettes en leur donnant une totale homogénéité.

IV

Mais voici un trait sur lequel il nous faut sans cesse insister : la phénoménologie des substances homogènes, bien qu'elle puisse, semble-t-il, trouver des exemples dans des substances naturelles est solidaire d'une phénoménoteknique. C'est une *phénoménologie dirigée*. On oublierait un caractère important si l'on négligeait l'aspect social de l'enquête matérialiste. Au seuil du matérialisme instruit, il faut qu'on nous désigne les substances matérielles fondamentales. On peut sans doute trouver un enfant de génie qui refait, dans une réflexion solitaire, la géométrie euclidienne avec des ronds et des barres. Il n'est guère à penser qu'on puisse trouver un matérialiste de génie qui refasse la chimie, loin des livres, avec des pierres et des poudres.

Il est étrange que certains savants eux-mêmes méconnaissent cet essentiel dirigisme de la science moderne. On peut lire, par exemple, une curieuse page où le savant chimiste Liebig prétend que : « si l'on réunissait en bloc, sur une table, les 56 corps simples, un enfant pourrait les séparer en deux grandes classes d'après leurs propriétés extérieures » (les métaux et les métalloïdes) (1). C'est là une affirmation qui ne présente pas la moindre vraisemblance ; aucun esprit neuf, livré à l'empirisme immédiat, ne mettra, dans une seule et même catégorie : le soufre, le brome, l'iode, l'oxygène. Il est impossible, sans un maître, de constituer la catégorie des métalloïdes. Rares sont les savants qui prennent goût à restituer les avenues réelles de leur culture ; ils vivent avec trop d'intensité la culture présente pour s'intéresser à l'obscur passé des notions. Un homme aussi positif que Liebig donne à ses certitudes de professeur un poids psychologique dominant. Voilà une preuve que les documents psychologiques des meilleurs savants doivent être soumis à la critique. La psychologie de l'esprit scientifique reste à faire.

Quand on suit alors le progrès du matérialisme instruit, on voit qu'on ne peut guère se confier à une homogénéité sensible, à une homogénéité d'un *donné*. L'homogénéité retenue par la science est passée par l'instruction de l'intermatérialisme, elle a été obtenue *indirectement* en application de techniques éprouvées, de techniques sans cesse rectifiées. Elle caractérise une époque scientifique. En dehors des méthodes d'homogénéisation fondées scientifiquement, l'homogénéité a une valeur douteuse. Par

(1) LIEBIG, *Lettres sur la chimie*, trad., 1845, p. 34. Le nombre 56 correspond au nombre des éléments qui étaient connus, il y a un siècle.

exemple, quand dans l'*Encyclopédie* (article : Plâtre) on définit le plâtre bien cuit par « une certaine onctuosité, et une graisse qui colle aux doigts quand on le manie », on arrête une enquête plus objective. Cette « graisse » du plâtre renvoie à un sartrisme avant la lettre, à une philosophie existentialiste orientée à l'envers de la perspective du matérialisme combinateur, du matérialisme qui cherche ses preuves dans une corrélation explicite des substances, en évinçant précisément ce rapport à la sensation directe. Ce plâtre est-il bien cuit ? Prenons-en d'abord un échantillon et gâchons-le : déterminons la combinaison plâtre et eau. Et c'est cette épreuve qui donnera lieu à un jugement objectif. Tous les caractères retenus par la science des matières doivent être post-expérimentaux. Tout donné n'est reçu que provisoirement.

V

Ainsi la connaissance scientifique des matières se fait sur des bases reconstituées où l'homogénéité est un signe d'identité matérielle et de permanence matérielle.

On peut alors s'étonner que certains philosophes, croyant décrire la philosophie des sciences modernes, aient cru pouvoir conserver le vieux philosophème qui posait la matière comme essentiellement *indéterminée*. Ainsi Émile Boutroux a écrit dans le chapitre qu'il consacre à la matière (1) : « Tout ce qui est possède des qualités et participe, à ce titre même, de l'indétermination et de la variabilité radicales qui sont de l'essence de la qualité. »

Là encore, il convient de distinguer entre *imagination des qualités* et *connaissance scientifique* des qualités d'une substance homogène ou plus précisément encore d'une connaissance scientifique de la qualité qui met son signe clair et distinct sur l'homogénéité de la substance. En effet, une qualité d'une substance, qualité étudiée dans la perspective des expériences de plus en plus objectives se présente comme révélatrice d'une signification substantielle de plus en plus nette, de plus en plus fixe. On ne donnera pas la qualité d'une substance comme *indéterminée* si l'on suit précisément les efforts de *détermination* accomplis par la science chimique. L'artificiel prend alors le pas sur le naturel. D'ailleurs, nous l'expliquerons par la suite, l'*artificiel*, la connaissance technique contemporaine, a de telles finesses de détection

(1) Emile BOUTROUX, *De la contingence des lois de la nature*, p. 60.

que le problème de la substance homogène se pose sans cesse sur de nouveaux frais. Mais, pour l'instant, restons au niveau de la discussion philosophique, sans évoquer les processus d'extrême finesse. Et voyons par quel biais une confuse indétermination est, avec une étrange facilité, attribuée à la matière.

Comme s'il était fatal qu'un philosophe en vienne toujours à avouer les thèmes inconscients qui l'entraînent, Émile Boutroux justifie ainsi l'indétermination radicale de la matière : « les choses réelles ont un fonds de vie et de changement qui ne s'épuise jamais ». Ce fonds de vie, c'est la contemplation rêveuse du philosophe qui en assume l'exploitation. C'est ce « fonds de vie » arbitrairement attribué à la matière qui fausse toute la perspective de contingence laborieusement dessinée par Boutroux.

En effet, par sa généralité, le thème de la vie inscrite dans toute matière est, à lui seul, un témoignage de rupture avec l'expérience précise. En fait, on ne trouve pas ce fonds de vie en le cherchant en profondeur, il s'affirme plutôt dans toute philosophie qui ne recule pas devant les vues panoramiques. En attribuant la vie — une vie sourde, endormie, confuse — on écrit aisément un chapitre de liaison ; on donne au monde la *continuité d'un livre*. Mais les exigences de l'expérience troublent bien vite cette quiétude philosophique des belles continuités.

Quand nous traitions, dans un livre déjà ancien, les problèmes d'une psychanalyse de la connaissance objective nous prenions comme méthode constante l'adjonction d'images exagérées à des idées masquées dans leur expression abstraite. Nous pouvons appliquer ici cette méthode de psychanalyse par l'image exagérée à ce vitalisme sourd que nous venons de reconnaître dans une page de Boutroux. Voici, par exemple, ce que Herder écrit sur la *matière* qui constitue le fil d'araignée : « Quelle n'est pas la force élastique du fil de l'araignée ! Et c'est cependant de sa propre substance que l'a tiré l'artisan, preuve manifeste qu'il est tout élasticité et irritabilité (1). » Avec le mot *irritabilité*, on valorise vitalement la matière élastique du fil, on impose une continuité du vivant à l'animé, on ressuscite ce « fonds de vie » qu'affirmera, sur un mode prudemment abstrait, Émile Boutroux, bref, on se refuse au matérialisme positif qui doit se limiter à l'expérience. Et le texte herdérien continue à dire tout crûment ses valorisations vitalistes, en donnant, croyons-nous, un bon document pour une psychanalyse par l'exagération : « La toile de

(1) HERDER, *Philosophie de l'histoire de l'humanité*, trad. TANDEL, t. I, p. 114.

l'araignée, qu'est-ce autre chose que l'araignée elle-même, étirée pour atteindre sa proie » (*loc. cit.*, p. 129), puis, poussant plus loin encore ses intuitions anthropomorphiques : quel grand rêve du tact si l'homme pouvait « palper comme l'araignée » ! (p. 139). Le psychologue aime à dire qu'il a « des antennes ». Voilà cette prétention dépassée. Herder incorpore dans la toile d'araignée toutes les puissances du tact ; les fils lointains sont des arcs réflexes.

On ne s'étonnera pas que, dans cette ligne du matérialisme vitalisé, Herder ait pu considérer le venin de la vipère comme le produit direct de l'offensivité de l'animal, comme une véritable *matière de colère*. La matière est ainsi non seulement vitalisée, mais encore psychologisée. La vipère, dit-il, a une telle « surabondance d'irritabilité » qu'elle « fait encore une blessure mortelle trois, huit et même douze jours après que la tête a été séparée du tronc ».

Maintenant que nous avons exagéré le vitalisme, nous pouvons dire qu'il n'était pas plus fondé à son départ que dans son excès. Ce n'est sûrement pas du côté du matérialisme vitalisé que travaille la pensée scientifique. Bien au contraire, l'esprit scientifique ne sera au clair en ce qui concerne le venin de la vipère que lorsque le venin vipérin sera, si l'on ose dire, « dévipérisé ».

Ainsi, croire à un vitalisme rémanent des substances excrétées, c'est développer un matérialisme à rebours. Le matérialisme doit partir de la matière inerte, non point de la matière vivante. C'est à cette condition que pourra se poser, dans des termes précis, le problème de la vie dans ses rapports avec la matière. La biologie peut, certes, se prévaloir elle aussi, d'un domaine d'études bien délimité. Le psychologue enfin peut fixer son domaine spécifique. Mais le syncrétisme d'un Herder qui unit l'irritabilité d'un animal à la nocivité d'un virus est une bien évidente confusion de domaines, une confusion des valeurs. Nous donnerions volontiers les thèses de Herder comme témoignage d'idées confuses présentées clairement. Elles sont des exemples de ces *aperçus* que les philosophes présentent sur les sciences. Et c'est un *aperçu* toujours attachant de dire qu'une matière inerte garde le signe de la vie, que « les choses réelles ont un fonds de vie ». Comme le mot de vie est trop fort, on ajoute tout de suite qu'il s'agit d'un fonds de changement. Mais ce refoulement du mot ne rectifie rien. Un aveu vitaliste a été fait. Un tel *aperçu*, si habilement estompé qu'il soit pour donner une philosophie de la continuité, dans le même moment où l'on propose un cran nouveau dans la contingence, ne peut être retenu comme une vision positive des choses.

Il n'aide en rien l'expérience progressive. C'est bien plutôt un obstacle épistémologique.

Nous avons insisté sur ce rapprochement d'une idée générale abstraite et d'images excessives non contrôlées parce que notre tâche de philosophe est de travailler sur les deux bords des convictions. Il suffit souvent, répétons-le, de juxtaposer des thèses abstraites et des exemples précis pour voir l'inanité des formules philosophiques générales. Les philosophies les plus naïves se couvrent de généralités qui les mettent à l'abri des exigences de la preuve. On aurait tort dans chaque exemple précis et l'on croit avoir raison dans la loi qu'on tire inconsciemment de faits mal définis. On plaque une loi claire sur une expérience confuse, on plaque une pensée savante sur des expériences naïves.

VI

Mais puisque dans cet essai nous nous accordons le droit d'utiliser, quand cela nous semble opportun, les enseignements de la science la plus moderne, voyons comment se posent, pour un chimiste contemporain, les rapports de la matière inerte et de la matière animée. Des moyens tout nouveaux (rayons X, rayons électroniques) permettent une étude topologique précise de la matière composée. Il apparaît alors, sur ce problème précis des structures, que les matières strictement minérales et les matières organisées par la vie n'appartiennent pas, structuralement parlant, à des règnes absolument séparés. La continuité des deux règnes est, de ce fait, une évidente possibilité. A l'encontre des positions philosophiques précédemment évoquées, cette possibilité de continuité a des arguments si précis que cette continuité est désormais une *hypothèse de travail* et non plus une simple vue panoramique sur l'univers matériel. « Pour réaliser une liaison sans lacune entre le grain de matière inerte et l'élément organisé de matière vivante, dit Georges Champetier, en conclusion de son beau livre (1), les étapes seront encore difficiles à franchir. Mais peu à peu, les relais se précisent qui, en conduisant de la molécule à la cellule, permettront de pénétrer les secrets de la vie. » Ce n'est pas là une simple vue de l'esprit que le philosophe a vite fait de marquer de l'étiquette péjorative de *scientisme* dans le même temps où il professe souvent les philosophèmes les plus naïfs d'une manière dogmatique. Non, tout le livre de Champetier

(1) Georges CHAMPETIER, *Les molécules géantes et leurs applications*, 1948, p. 449.

a montré la science devant le travail précis pour déterminer la *chimie de la vie*, pour dégager les conditions de formation des matières impliquées dans les processus de la vie. Ces étapes, ces relais qui marquent les efforts de connaissance pour passer de l'inerte à l'animé ne sont pas de simples métaphores. Ces étapes, ces relais, sont vraiment *ordonnés*. Ils illustrent cette discursivité de l'ordre explicite qui est un thème directeur du présent ouvrage. On *approche* de la solution du problème. Des recherches comme celles de Staudinger sur les macromolécules en chimie et en biologie (1) posent des problèmes bien définis, suscitent des expériences précises, des expériences qui ont une hiérarchie. On peut dire que certains virus « se comportent à la fois comme des êtres vivants et comme des macromolécules ». Le virus de la mosaïque du tabac a pu être isolé sous une forme cristalline. Jadis la forme cristalline était accordée seulement à des substances inertes. On voit maintenant, dit notre auteur, qu'il n'y a pas « incompatibilité entre l'état cristallisé et la vie : des êtres vivants identiques ou très semblables, pourvu qu'ils soient de dimensions suffisamment petites, peuvent se disposer régulièrement en reproduisant l'analogue d'une structure cristalline ». De telles organisations suggèrent de « rattacher l'activité biologique à l'architecture macromoléculaire ». Une sorte de spécificité architecturale peut doubler ainsi la spécificité des diverses activités de la vie. On entre alors dans le détail d'un dualisme biologie-chimie, plein de réciprocités. C'est par la discursivité des détails de la texture du biologique et du chimique que la recherche scientifique prend un intérêt croissant dans ce domaine mixte. Alors il ne s'agit pas de déterminer un fonds de vie ; ce serait plutôt à un sommet de la composition, sur un plan de la matière très composée que se poseraient les phénomènes vitaux. On ne peut guère espérer surprendre la vie dans le *simple* puisqu'elle apparaît solidaire d'une organisation *complexe*. Y a-t-il un caractère dominant de la *vie en général* ? Une telle question paraît aussi vide de sens que la question : y a-t-il un caractère qui permette de désigner *la matière en général*. Le pluralisme de la *matérialité de la vie* est si grand qu'il enjoint de poser une pluralité dans les processus vitaux. Les problèmes biologiques ne sauraient plus être éclairés, ou même simplement désignés par la conception d'un fluide vital qui coulerait dans la matière, qui animerait la matière.

Quand on suit, dans le détail de la chimie contemporaine, les

(1) STAUDINGER, *Makromolekulare Chemie und Biologie*, Bâle, 1947, *passim*.

communes architectures des molécules géantes construites par la vie et par le chimiste, on sent bien que les énigmes ne seront pas résolues d'un coup, au départ de la recherche, mais que par leur multiplication les énigmes se cohèrent en une problématique qui donne un immense champ de travail. Alors, à des questions précises et nombreuses répondent des connaissances positives que le savant contemporain ne résumerait pas volontiers, croyons-nous, dans la formule générale qu'employait Liebig il y a un peu plus d'un siècle : « Il n'y a pas, dans la nature, de forces qui aient plus de rapport entre elles que la force chimique et la force vitale (1). » La force vitale n'est qu'un mot, un mot presque aussi inerte lorsqu'on l'attache à la vie elle-même que lorsqu'on l'attache à la matière. Rapprocher ainsi, gratuitement, « force » chimique et « force » vitale, n'est-ce pas faire passer les deux notions au rang de simples entités ?

Quittons donc le règne des idées générales et revenons à l'examen philosophique des problèmes positifs du matérialisme ordonné.

VII

Dès que précisément on détermine les qualités, ainsi que le réclame le matérialisme instruit, comme des rapports matériels — en ne se référant pas à l'homme changeant — toute intuition rêveuse de la qualité est effacée. Une fois retranchées les contingences de la sensibilité immédiate, les qualités se stabilisent. Le déterminisme de la qualité matérielle est alors restitué, compte tenu des difficultés d'approximation que pose toute connaissance d'un déterminisme.

Il est d'ailleurs frappant que ce soient les substances les plus nettement *homogènes* qui aient été en quelque manière les centres de ralliement de l'objectivité matérialiste. Nous voulons parler des métaux. Dans les âges historiques, les 7 métaux ont été rapidement les 7 merveilles de l'homogénéité, homogénéité conquise dans des métallurgies énergiques, dans des métallurgies difficiles.

C'est la violente transformation du minerai hétérogène en métal homogène qui unit fortement les notions d'homogénéité et de simplicité. L'homogénéité et la simplicité sont alors des valeurs techniques conquises concurremment sur l'hétérogénéité et la

(1) LIEBIG, *Lettres sur la chimie*, trad., 1845, p. 21.

complexité. On peut saisir ici le matérialisme dans sa première dialectique technique. Le simple n'est pas une *donnée* mais le *résultat* d'une technique de sûre homogénéisation. Nous verrons par la suite que la *pureté*, dans le règne de la matière, n'est jamais proprement une *donnée*, qu'elle ne peut être même simplement *constatée*. Pour la reconnaître, le mieux est de l'instituer le long d'un processus de purification. En tout cas, elle ne peut être constatée sans mettre en action une méthode d'expérience, méthode qui, dans la science moderne, résume tout un rationalisme chimique antécédent.

Plus exactement encore, les techniques de purification supposent de véritables *opérations de pureté*, de sorte qu'au *fait de pureté* se superpose un rationalisme de l'*ensemble cohérent* des réactifs, réactifs auxquels on accorde un privilège provisoire de pureté. Un corps *impur* est en somme « essayé » par des corps qu'on postule *purs*. Il y a là une dialectique agissante qui marque, au long des âges scientifiques, la progressive détermination de la pureté, sans que jamais cette pureté puisse se signaler comme une donnée sûre, comme un absolu.

Mais comme la science devient de plus en plus rigoureuse, la relativité de la pureté, celle de la simplicité, celle de l'homogénéité, s'imposent d'une manière paradoxale dans le temps même où l'on obtient des substances de plus en plus pures, de plus en plus profondément homogènes, de plus en plus sûrement simples. Quittant le faux absolu des premières données, bien conscient de la relativité de ses expériences, le savant a du moins l'assurance de déterminer des progrès dans la purification. Ainsi, sans cesse nous retrouvons l'action humaine dans la détermination des substances pures.

Si nous voulons prendre son action au départ, dans son extrême netteté, le mieux est de donner sa pleine valeur aux déterminations métallurgiques. Sans doute il est tentant de suivre l'histoire racontée dans l'empirisme des trouvailles. Et R. J. Forbes a bien mis en lumière dans son admirable livre *Metallurgy in Antiquity* que l'or et les métaux usuels ont été remarqués à l'*état natif* dès la plus haute antiquité. Mais ces trouvailles restent nécessairement rares et tous les métaux, fût-ce le fer, furent *précieux* avant que d'être *utiles*.

Et comment imaginer qu'à partir du fer natif on ait pu faire des outils et des armes ? Il faut plutôt penser qu'on eut l'idée de travailler le fer natif par le feu après seulement qu'on eut obtenu le fer à partir du minerai par voie métallurgique. Il n'y a pas un âge du fer taillé, un âge du fer poli. Et si le fer natif

passer du précieux à l'utile c'est en suivant les techniques métallurgiques.

Ainsi de notre point de vue du caractère discontinu des progrès de la culture, il y a une nette discontinuité entre le travail de la pierre ou de l'os et le travail du fer. Nous trouvons là un nouvel argument contre la thèse qui ajuste l'intelligence humaine aux intuitions géométriques de l'*homo faber*. En effet, l'*homo metallurgicus* ne saurait être caractérisé par une pensée simplement *extérioriste*, réglant des projets sur les *formes extérieures*. Pour s'engager dans les pratiques métallurgiques il faut participer au cosmos du feu. Et l'on ne peut, de prime abord, objectiver le feu comme une sorte d'outil indirect. Là encore on part de grands rêves de puissance. L'*homo faber* tel que l'imagine Bergson est un homme à la petite patience en comparaison des projets métallurgiques de l'homme forgeron. Dans le progrès des techniques, par le succès de la pensée artificialiste, toutes les rêveries ignées sont refoulées, l'instance ignée est rationalisée. On aborde vraiment au *matérialisme actif*. Alors le métal appartient vraiment au *règne humain*.

Mais le métal n'est, pour notre thèse, qu'un facile exemple. Si l'on adopte l'axe de la valorisation matérialiste comme un au-delà de la valorisation des formes, on ne peut manquer de reconnaître que la *pureté des substances* appartient au *règne humain*. Elle n'appartient pas au *règne naturel*. C'est l'homme qui est en fait le facteur purificateur. C'est là sans doute un paradoxe tapageur. Mais il s'impose si l'on veut mettre en place les grandes œuvres de la purification matérielle, tant ancienne que moderne, dont l'homme a une progressive maîtrise.

VIII

Ainsi les premières substances qui devaient recevoir le statut de *corps simples* furent — à quelques exceptions près comme le soufre — des métaux. Il faut venir aux temps modernes, au XVIII^e siècle surtout, pour que la courte liste des substances reconnues comme simples commence à augmenter. Le XVIII^e et le XIX^e siècle sont pour l'exploration matérialiste une époque prestigieuse. Et même du simple point de vue de l'empirisme, le philosophe devrait ici prendre la mesure de ce qu'est une augmentation des types d'*êtres matériels*.

Mais en même temps que le nombre des types de substances rencontrées dans la nature s'accroît, se précise une nouvelle

doctrine de la simplicité. En fait on peut parler d'un véritable déplacement de l'idée de simplicité. Montrons-le rapidement.

D'abord, même quand il en est encore fait mention au XVIII^e siècle, on ne donne plus un rôle à l'idée que les 4 éléments sont les substances *les plus simples*. Ensuite, on n'imagine plus que les substances trouvées dans la nature sont, de ce fait même, des substances simples. L'analyse devient la préoccupation dominante de tout chimiste. Le chimiste commence sa recherche en multipliant les efforts de *décomposition*. La simplicité apparaîtra alors comme une limite à tout effort de décomposition. La simplicité est donc ici de l'ordre d'un *résultat* ; elle était posée comme *initiale* dans la doctrine des 4 éléments ; elle est maintenant *terminale*. La chimie nous présente ainsi une nouvelle forme « du déclin des absolus » soit dit pour employer une expression de Georges Bouligand si riche de sens pour caractériser l'évolution de l'épistémologie moderne. En effet poser le simple comme une limite à la décomposition ne préjuge pas le caractère absolu de cette limite. Et c'est seulement dans la période contemporaine que s'établit une sorte de cohérence des substances simples, cohérence qui confère aux éléments un statut bien défini de substance élémentaire. Nous aurons à revenir sur cette systématique de la simplicité dans un prochain chapitre.

Pour l'instant, réalisons seulement l'importance philosophique des découvertes comme celles de Cavendish prouvant que l'eau n'est pas un élément, ou la découverte parallèle touchant l'air par Lavoisier. De telles découvertes brisent l'histoire. Elles marquent une *défaite totale de l'immédiate*. Elles font apparaître la profondeur du chimique sous le physique — ou, autrement dit, l'hétérogénéité chimique de l'homogénéité physique. Il y a là une dialectique intime que toute culture matérialiste doit traverser pour arriver au matérialisme instruit.

Qu'on se reporte par la pensée à cet instant historique surprenant où l'on put annoncer que l'eau est le résultat de la synthèse de deux gaz ! C'est non seulement le privilège de l'antique élément *eau* qui s'évanouit, mais en même temps, c'est la positivité conquise pour la notion de gaz. Avant Cavendish, avant Lavoisier la notion de gaz participe encore à la notion de fluide. Le fluide, dans la pensée préscientifique, se charge aisément des plus confuses valeurs : il est magnétique, il est vital, il porte la vie, il porte la mort. L'expérience de Cavendish est décisive, elle barre d'un trait brutal tout le vitalisme du règne des « esprits ». Les deux matérialismes de la substance tangible (l'eau) et de la substance invisible (les gaz) sont mis en totale corrélation. Il y a

une très grande différence entre ce matérialisme généralisateur qui étend son domaine en suivant des expériences progressives et un matérialisme d'affirmation initiale qui croit toujours que la matière tangible donne les leçons les plus décisives.

Un gros livre serait nécessaire pour bien décrire l'ensemble des expériences qui ont déterminé le caractère élémentaire de l'oxygène et de l'hydrogène. Dix ans de psychologie de l'esprit scientifique sont animés par la seule histoire de la découverte de l'oxygène. Que l'oxygène soit seulement *mêlé* à l'azote dans l'air tandis qu'il est *combiné* à l'hydrogène dans l'eau, aux métaux dans les oxydes, voilà de quoi soulever bien des problèmes philosophiques. De nos jours, les livres effacent trop vite la perspective de ces drames de culture. Les livres scolaires font tout de suite de la leçon sur l'oxygène un modèle d'empirisme simple : il suffit de chauffer dans une cornue certains oxydes, par exemple l'oxyde de manganèse, pour obtenir le gaz merveilleux qui rallume une allumette n'ayant plus « qu'un point en ignition », soit dit pour employer l'expression consacrée qui résume souvent, hélas ! tout ce qui reste dans « la culture générale » des propriétés de l'oxygène (1). Cette *simplicité d'enseignement* masque la fine structure épistémologique d'une expérience primitivement engagée dans une problématique multiforme. C'est ici qu'une récurrence vers la situation historique complexe est utile pour faire sentir comment s'enrichit la pensée matérialiste.

Que l'oxygène ait été, en quelques décades, extrait des minéraux, de l'air, de l'eau, bref des corps les plus divers pour l'expérience commune, cela suffit à expliquer qu'on ait promu ce corps chimique particulier à un rang insigne. C'est vraiment l'avènement d'une substance « scientifique ». Sans doute il fallut, par la suite, enlever à l'oxygène le privilège de désigner la *puissance* acide. Mais il fut longtemps le signe matériel de la nouvelle chimie. Et les philosophes, les Schelling, les Hegel, les Franz von Baader n'ont pas hésité à faire de l'oxygène un véritable moment de l'explication générale. Par exemple, Hegel met en rapport les 4 substances : azote, oxygène, hydrogène et carbone comme une organisation de concepts qui forme « la totalité de la notion » (2). En relisant de telles pages on aura de clairs exemples de l'adhésion précipitée de l'idéalisme à des valeurs expérimentales. L'idéalisme

(1) Quelle revendication contre la vanité de son professeur de chimie il y a dans cette petite phrase de Lautéramont : l'oxygène rallume « sans orgueil » une allumette ! Le professeur de chimie élémentaire recommence avec une satisfaction évidente cette prouesse en tous les octobres de sa carrière.

(2) HEGEL, *Philosophie de la nature*, § 328 (trad. VÉRA, t. II, p. 244).

cherche sans fin des raisons pour unifier l'expérience, sans prendre une bonne mesure des puissances diversifiantes de l'expérience. Dans notre Introduction nous disions que l'idéalisme est une philosophie trop éloignée du centre d'action de la pensée scientifique pour apprécier le rôle réciproque des méthodes d'enquêtes et des expériences de vérification. Nous avons ici une preuve précise de l'impossibilité d'un idéalisme de l'expérience scientifique. Rien ne s'éclaire dans la méditation d'un cas unique où une seule expérience révélerait toute la puissance de connaître d'un sujet. Il faut accepter toutes les extensions positives de tous les exemples. En fait la dialectique de l'oxydation et de la réduction qui a donné lieu à de si nombreuses réflexions philosophiques n'est qu'une réciprocité matérielle, prise entre beaucoup d'autres processus réciproques de synthèse et d'analyse.

Avec la découverte de l'oxygène, les philosophes ont été victimes, ici comme en bien d'autres occasions, de la nouveauté. Ils ont voulu assimiler tout de suite une découverte étonnante en s'appuyant — pour le mieux ! — sur des rationalismes *a priori*, sans prendre soin d'établir le *rationalisme scientifique* historiquement préparé par un progressif ajustement de la théorie et de l'expérience. L'idéalisme a sa racine dans l'immédiat. L'esprit est en quelque manière toujours immédiat à soi-même. Or il n'y a pas, il n'y a plus, d'expérience scientifique immédiate. On ne saurait aborder une pensée scientifique nouvelle à blanc, avec un esprit non préparé, sans accomplir pour soi-même, la révolution scientifique que signe la pensée nouvelle comme un progrès de l'esprit humain, sans assumer le moi social de la culture. Faut-il faire remarquer, en manière de digression, que le moi de la culture est l'exacte antithèse de la culture du moi ?

S'attacher sans critique à la nouveauté ou s'entêter dans un système périmé, voilà précisément deux manières différentes de refuser le double travail psychologique d'assimilation des connaissances scientifiques et de structuration de l'esprit scientifique. Il peut être intéressant de donner un exemple, entre beaucoup d'autres, des résistances d'un esprit dogmatique aux idées nouvelles. Dans son *Examen de la philosophie de Bacon*, Joseph de Maistre ironise sur les efforts de la chimie pour dépasser la dénomination directe et définitive des substances. Il faudrait rester, selon lui, dans le pléonasme qui dit que l'acide « est un sel qui excite la saveur qu'on appelle acide ». C'est là un élément de la définition de Macquer. De Maistre en rapproche la nouvelle définition indiquée par Cadet dans son dictionnaire : L'acide est « une substance qui par son union avec l'oxygène acquiert une

saveur aigre... ». Et puisque, d'après de Maistre, les noms doivent tout dire dans leur racine, il cherche la définition du mot *oxyde* dans le même dictionnaire. On y trouve que le mot oxyde « désigne un corps oxygéné, mais non acidifié, de manière qu'il ne rougit point les teintures bleues et qu'il ne produit pas la saveur acide ». Et de Maistre commente : « Mais l'oxygène s'appelant ainsi (bien ou mal) parce qu'il produit l'acide, il se trouve que l'agent qui produit l'acide a la propriété remarquable de ne pas posséder l'acide, ce qui me paraît merveilleux ; mais comme je ne suis pas du métier, je m'en tiens à l'admiration. »

Dans un semblable texte on voit fonctionner, en toute naïveté, la pensée substantialiste. Pour un tel substantialisme, la substance tient en toute propriété ses propriétés et l'on se croit prudent en se référant toujours à la définition prédicative de la substance. Alors les définitions de désignation sont prises pour des définitions d'être. L'analyse matérielle est une analyse grammaticale. De Maistre manque à voir la distance épistémologique qui sépare la définition du dictionnaire de Macquer et celle du dictionnaire de Cadet. Entre les deux définitions, l'immense importance théorique de la découverte de l'oxygène est pourtant manifeste. Il importe peu de savoir que, par la suite, on connaîtra des acides sans oxygène. Ce qui est important, c'est qu'avec Lavoisier on a commencé à comprendre le caractère *composé* des acides. Avec l'oxygène, on a isolé un facteur de cette composition, un intermédiaire de cette construction. Et l'on arrive à cette idée toute nouvelle — une idée philosophique qui éveille une admiration sans ironie — qu'un corps peut servir à *construire une propriété* qu'il « ne possède pas ».

IX

Mais laissons ces lointains débats et prenons le problème de la pureté des substances dans sa complexité philosophique moderne.

En gros, on peut dire qu'il n'y a pas de pureté sans purification. Et rien ne peut mieux prouver le caractère éminemment social de la science contemporaine que les techniques de purification. En effet, les processus de purification ne peuvent se développer que par l'utilisation de tout un ensemble de réactifs dont la pureté a reçu une sorte de garantie sociale. Un philosophe aura beau jeu pour dénoncer là un cercle vicieux : purifier une substance par une suite de réactions où l'on engage des réactifs garantis comme purs, c'est évidemment oublier le problème initial, le problème de la pureté des réactifs. Mais la science

contemporaine peut, en toute conscience, négliger cette objection préalable. Il y a ici un état de faits, un moment historique bien défini. Chaque époque de la science, dans son développement moderne, a établi une sorte de corpus des réactifs constitués à un niveau de purification bien déterminé. Il y a des âges sociaux divers pour la pureté matérialiste. Et notre âge se désigne comme un tel affinement de purification qu'on peut bien dire que la science contemporaine possède des réactifs neufs, des outils neufs qu'aucune époque précédente n'a connus. La technique matérialiste de la chimie moderne nous procure une nature *neuve*. Elle est essentiellement un second départ du matérialisme.

Ainsi, ces *outils* de purification que sont les réactifs, voilà désormais un apport social absolu ; le chimiste isolé ne saurait avoir la prétention de leur substituer des *outils personnels*, tout un corps de réactifs amassés dans une préparation personnelle en refaisant, pour son propre compte, toute l'histoire de la chimie. La chimie moderne fait l'économie de sa longue préparation historique. Elle est une des sciences les plus clairement vivantes dans son *présent*. Le chimiste entre au laboratoire où il trouve un *présent absolu*, le présent absolu, des données techniques, données qui s'offrent dans leur ensemble, dans leur totalité, par conséquent bien différentes des données naturelles rencontrées dans l'essentiel occasionalisme de l'empirisme. Le chimiste moderne part de ce matérialisme d'un présent absolu, de ce matérialisme des réactifs techniques coordonnés. Il doit inscrire son travail quotidien dans le présent de la science, dans un ensemble humain auquel il s'intègre, déjà au point de vue théorique, par une prise de culture qui est une nécessité pour l'action scientifique efficace.

Mais toutes ces thèses paraîtraient moins superficielles au philosophe s'il voulait prendre conscience du véritable *usage* nécessaire à la production d'une substance pure dans la technique contemporaine. Il comprendrait vite qu'une telle purification ne relève plus d'une activité individuelle, qu'elle réclame un travail en chaîne, des purifications en chaîne, bref que l'usine-laboratoire est une réalité désormais fondamentale.

La vue d'un plan d'usage pour une purification serait d'ailleurs plus convaincante que tout développement philosophique. Le lecteur pourrait par exemple se reporter au schéma des opérations qui conduisent du béryl au béryllium pur en paillettes d'après la méthode employée à la Degussa A. G. Ce schéma est indiqué par J. Besson dans un article paru au *Bulletin de la Société chimique de France* (année 1949), nous ne reproduisons pas ce schéma : deux pages du présent livre n'y suffiraient pas. On y

verrait par dizaines des opérations de purifications pour ainsi dire croisées, des purifications reprises à plusieurs points de vue, engagées par des réactifs différents. A méditer tous les circuits de ces procédés chimiques en vue de produire une substance particulière avec toutes les garanties de pureté, on comprendra qu'un tel usinage ne peut être pensé qu'au sommet d'une culture et réalisé dans une cité qui industrialise la science de fond en comble.

X

Ainsi, le corpus des réactifs est à la fois cohérent et efficace. Tous les réactifs sont donnés avec une garantie de pureté qui permet le travail positif. Il ne conviendrait cependant pas de donner une validité inconditionnée au concept de *pureté en soi*. Postuler une pureté en soi serait rejoindre le mythe de la *pureté naturelle*. En fait puisque la science positive solidarise la notion de pureté avec la notion d'opération de purification, on ne peut écarter le *relativisme* de la pureté. En effet, suivant le processus de purification employé, on peut obtenir, pour un même produit, des degrés de pureté différents. Mais il ne va pas de soi qu'on puisse ordonner ces degrés de pureté car la pureté se prend souvent au niveau d'une qualité particulière. Parfois une propriété particulière qui n'engage pas profondément l'ensemble des propriétés chimiques peut se révéler d'une incroyable sensibilité à la moindre impureté. Andrew Gemant dans un chapitre du manuel de Farkas : *Electrical properties of hydrocarbons* (p. 215) dit qu'un hydrocarbure liquide a une conductibilité électrique qui varie de 10^{-19} mho/cm pour un échantillon extrêmement purifié à 10^{-13} pour un échantillon commercial, soit une variation de 1 à un million. On voit l'énorme action de la moindre impureté. Gemant ajoute que les déterminations de la conductibilité donnent des valeurs qui diminuent indéfiniment avec la poursuite d'une purification de plus en plus poussée mais que cependant *aucune valeur limite n'est en vue*.

Comprenons bien qu'on ne pourrait mettre en ordre des puretés naturelles, visant une pureté en soi. Bien plus, malgré tous les efforts du matérialisme décidément artificialiste, la ligne des purifications n'est jamais sûre de viser une purification absolue. Il suffirait qu'un nouveau type d'expériences fût institué pour que le problème se pose sous une forme nouvelle. La *pureté* d'une substance est donc une œuvre humaine. Elle ne saurait être prise pour une donnée naturelle. Elle garde la relativité essentielle

des œuvres humaines. Son en-soi est conditionné par un long passé d'expériences poursuivies dans les voies d'une facticité sans cesse accrue. De toute manière le *factice* donne incomparablement plus de garantie que le *naturel*.

XI

En conclusion de ce chapitre où nous avons essayé de montrer l'évolution des idées matérialistes d'homogénéité, de simplicité, de pureté, si l'on nous permet de rattacher toutes nos réflexions à la position philosophique générale que nous assumons dans nos recherches épistémologiques, nous dirions volontiers que nous voyons ici de nouveaux arguments pour une philosophie du rationalisme appliqué.

En effet, tout est méthode, tout est méthode appliquée, tout est méthode rectifiée par son application. La conscience sans cesse vigilante de l'application correcte d'une méthode est la base même du rationalisme appliqué. Elle institue l'esprit comme une activité systématique de correction. Et avec le rationalisme matérialiste appliqué, cette conscience sans cesse surveillée de l'application d'une méthode pénètre profondément dans l'objectivité. Cette conscience de méthode rectifie même la matière, normalise la matière.

Il en résulte, non pas un psychologisme en position première comme celui où se complaisent de nombreux existentialismes, mais bien un orthopsychologisme en position seconde. Et cette position seconde est bien claire dans ce problème de la pureté substantielle que nous venons d'examiner. Il faut aller ici jusqu'à l'extrême et dire : puisque la substance est *donnée*, naturellement donnée, elle n'est pas *pure*. Elle sera pure quand la technique l'aura *purifiée*. Il y a donc une différence métaphysique essentielle entre un matérialisme attaché à la matière brute et un matérialisme instruit sur un ensemble cohérent de matières qui portent un témoignage de pureté technique. C'est alors que le matérialisme technique est inséparable d'un rationalisme instruit.

XII

Ainsi le maximum de garantie de pureté réside non pas dans une valeur naturelle, mais bien dans une application rigoureuse des méthodes. C'est par l'application surveillée des méthodes que le matérialisme établit un nouveau substantialisme, le substantialisme de la *substance sans accident*. La constitution technique

d'une substance entièrement normalisée exclut toute fantaisie et toute incertitude. La chimie prépare une *substance en série*. En ce qui nous concerne, la pensée nous vient souvent de glisser ce concept d'une substance chimique produite en série dans les polémiques faciles où les philosophes affirment la dévalorisation humaine des *objets* fabriqués en série. Ces philosophes ne voient-ils pas que l'irrationalisme qui leur est cher subit ici, avec la substance sans accident, un véritable éclatement ? Sans doute, dans une fabrication, il peut se glisser des malfaçons, de fausses manœuvres, des « lous ». Mais ces « accidents » ne sont plus des accidents inhérents à la substance, des accidents individualisant en son fonds la substance. Il y a là une dialectique de la notion d'accident qui se termine par l'élimination de l'accident. En passant de la substance réelle à la méthode de réalisation, l'accident est devenu éminemment rectifiable. Une conscience claire de la méthode l'évitera. Une surveillance sociale la jugulera. Construisez une cité scientifique bien faite et les matières qu'elle livrera seront bien faites. Elles seront des *substances sans accidents*.

Avec ces substances sans accidents pourvues de qualités sans fluctuations, la chimie ne permet plus au philosophe de poser un irrationalisme dans une profondeur indicible, dans une intimité substantielle inanalysable. Un médicament créé par la chimie n'a plus droit à l'individualité, il réalise sans accident son essence, il correspond à l'absolu de sa formule. Tous les comprimés de votre tube d'aspirine réalisent une identité absolue, aussi sûre, aussi nette qu'une identité logique. Pour les différencier, à l'emploi, il faudra que vous singularisiez votre migraine, il faudra que vous alliez chercher l'irrationnel ailleurs. En toute certitude, cet irrationnel n'est plus dans la substance, il n'est plus dans cette profondeur d'un au-delà de la substance où les philosophes du concret cherchent le reflet de leur singularité.

CHAPITRE III

LA SYSTÉMATIQUE MODERNE DES CORPS SIMPLES

Je ne citerai point tous ces métaux modernes
De leurs nombreux afnés, familles subalternes ;
J'attends que le savoir, parmi leurs vieux parents,
A leur race nouvelle ait assigné les rangs.

Abbé DELILLE,
Œuvres complètes, t. II, p. 9.

« Tout ce qui peut se ranger lui plaisait. »
G. CUVIER, *Eloge de Werner*.

I

Après les longues remarques qui précèdent sur l'aspect philosophique général du matérialisme chimique, il nous faut envisager la moderne *détermination exacte* des substances chimiques de base. Cette détermination exacte du *nombre* des substances élémentaires d'abord amassées empiriquement au cours des siècles correspond, dans la science contemporaine, à une sorte d'induction complète dont nous devons caractériser la nouveauté. Au lieu du vain essai d'une rationalité des 4 éléments présentée dans un chapitre précédent, nous allons voir se développer par palier un rationalisme du quatre-vingt-douze. Qu'il y ait 92 éléments chimiques, 92 substances *élémentaires rangées sans lacune*, en un ordre réel et rationnel, voilà une assurance qui, semble-t-il, fait disparaître toute *contingence* du donné substantiel. Ainsi le temps n'est plus où Hegel pouvait dire : « les éléments chimiques ne peuvent recevoir aucun ordre, au contraire, ils sont l'un à l'égard de l'autre hétérogènes » (1). On ne peut plus, comme dans la *Phénoménologie de l'Esprit*, soumettre la liste du donné des éléments à la seule juridiction de la locution *aussi* : il y a du cuivre,

(1) HEGEL, *System der Philosophie*, II^e Partie, *Die Naturphilosophie*, éd. MICHELET, 1929, § 281, p. 187.

il y a aussi du zinc, il y a aussi de l'oxygène. En effet, le cuivre et le zinc devront, dans leur catalogue de propriétés, inclure leur rapport substantiel avec l'oxygène. Et puis l'ordre se constituera sans perturbation possible. Cet ordre échappera à ce que Hegel considérerait comme « l'universalité indifférente et passive, le *Aussi* des multiples propriétés, ou plutôt des matières » (1). Autrement dit, dans la science moderne, le savoir ne peut s'accumuler qu'en s'organisant.

Mais précisément l'ordre des substances élémentaires devient si organique que l'organisation peut, en quelque manière, absorber ce qui la déborde. Ainsi le rationalisme fermé des 92 éléments a été depuis quelques lustres ouvert dans deux directions : d'abord par la découverte des isotopes, c'est-à-dire d'éléments pourvus des mêmes propriétés chimiques mais de poids atomiques différents. Ensuite par les techniques récentes qui ont créé les éléments transuraniens, c'est-à-dire l'au-delà du quatre-vingt-douze avec les éléments 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, sur lesquels nous reviendrons par la suite.

Ainsi le nombre des éléments dont nous allons essayer de rappeler la systématique a dépassé le nombre de 92. Le nombre des isotopes est difficile à fixer. Ce nombre augmente d'années en années. Il peut rapidement atteindre le mille. Il n'existe probablement aucun chimiste ou physicien au monde qui en sache la liste exacte. L'homme par sa prodigieuse technique dépasse, semble-t-il, les cadres de sa propre pensée. Ici la technique déborde la science. Du fait d'un léger décrochage entre la science et la technique, une contingence historique s'installe dans le savoir. La culture scientifique avance en absorbant quelques contradictions à ses propres principes. Gérard Vassails, dans un article de la *Revue d'histoire des sciences* (septembre 1950) sous le titre : Le poids du feu, pouvait conclure (p. 241) : « Si au temps de Lavoisier, la connaissance de l'impondérabilité de l'énergie dégagée au cours des réactions était une condition essentielle du développement de la chimie moléculaire, un siècle et demi plus tard la reconnaissance de sa pondérabilité était devenue au contraire l'une des conditions essentielles du développement de la chimie atomique. C'est ainsi qu'au cours de l'évolution de la science, une même réalité peut apparaître sous des formes contradictoires. » Il en va de même pour la philosophie de la science. Le rationalisme des 92 corps simples est une philosophie solide qui ruine la contingence de l'*aussi* hégélien, la contingence d'un donné matériel illimité. C'est

(1) HEGEL, *La phénoménologie de l'esprit*, trad. HYPPOLITE, t. I, p. 96.

cependant à partir de ce rationalisme limité que prend naissance une technique susceptible d'une production, semble-t-il, illimitée. On ne comprendrait pas la technique de la fabrication illimitée des isotopes si l'on n'avait pas assimilé le matérialisme ordonné des 92 éléments chimiques.

De toute manière, c'est dans l'*organisation numérique*, dans ce matérialisme rationnel qui institue l'ordre des éléments *séparés par une unité élémentaire* qu'apparaissent des nuances philosophiques qu'aucune philosophie de la matière n'a connues avant le xx^e siècle. Quand à l'arithmétique des 92 éléments viendront s'ajouter en surcharge des centaines d'isotopes, on ne verra jamais se présenter un *élément intermédiaire*, jamais un demi-élément, jamais un élément symbolisé par un « nombre atomique » fractionnaire. L'arithmétique moderne de la substance est l'arithmétique des éléments entiers. Sur ce clavier des 92 premiers nombres entiers viendront jouer des lois du pair et de l'impair, lois encore un peu confuses, mais qui dessinent déjà un nouveau pythagorisme de la matière. Mais ces lois de parité ne relèvent d'aucun *a priori* arithmétique, elles apparaissent dans la systématique générale des 92 corps simples. Elles ne sont pas découvertes dans une méditation dialectique des premiers nombres, au début de la série. Si l'on évoque un pythagorisme, il faut donc que ce soit un pythagorisme étendu, extensif, une philosophie qui s'établit sur un ensemble nombreux et cohérent, dans un rationalisme de la multiplicité cohérente. Voilà autant de traits qui devraient débarrasser la philosophie de la matière aussi bien des doctrines faciles de l'irrationalisme attardé que de la fausse clarté des doctrines d'un rationalisme ingénu.

Le paradoxe épistémologique qui anime le matérialisme instruit est d'ailleurs éclatant. C'est au moment où l'atome est considéré comme un édifice complexe qu'on comprend les raisons de son unité, qu'on expose discursivement les raisons qui en font un édifice achevé. C'est aussi au moment où l'expérience permet de passer d'un type d'atome à un autre type d'atome, dans une transmutation des éléments chimiques proches l'un de l'autre, que l'ensemble des éléments reçoit son arithmétique. Et si cette arithmétique devient nettement objective — bien qu'au départ elle ne corresponde pas à l'intuition d'un objet désigné — elle le doit à son application à un assez grand nombre de types. Il semble qu'un pythagorisme qui compterait successivement 1, 2, 3, 4, 5, substances élémentaires resterait une arithmétique ontologique balbutiée. La lumière de la numération des substances n'est pas à l'origine du compte. Elle apparaît dans un pluralisme copieux.

C'est parce que les types d'atomes sont nombreux qu'on est sûr qu'ils sont réellement plusieurs. Il semble que dans l'arithmétique des 92 éléments l'aspect numérique reflue du grand nombre vers le petit nombre, à l'inverse des habitudes pédagogiques, à l'inverse des philosophies élémentaires.

Mais nous avons jadis consacré tout un livre à l'histoire de cette introduction du nombre entier dans la chimie moderne (1). Nous allons nous borner ici à marquer brièvement les étapes de cette arithmétisation des substances pour en tirer plus nettement les leçons philosophiques.

II

La critique philosophique a beau jeu pour affirmer le caractère simplement pragmatique de la doctrine des éléments en chimie. Le chimiste ne répète-t-il pas, depuis la révolution lavoisienne, qu'il tient pour substance *élémentaire* toute substance qui n'a pu être décomposée malgré le grand nombre des expériences antérieures ? Ainsi le chimiste semble bien ne pas préjuger de l'avenir. Si un corps pris comme élément devait, dans le développement ultérieur de la science, être décomposé en deux ou plusieurs parties chimiquement différentes, il perdrait son privilège d'élément. Le cas s'est vu.

Le cas s'est vu, mais il ne se voit plus. Et cette stabilité historique — sans doute d'origine récente — devrait conduire le philosophe à réformer son jugement. Il aurait ainsi l'occasion de vivre à fond une révolution épistémologique. Au lieu de former ses pensées fondamentales à l'*origine* d'une histoire, le philosophe apprendrait à les former à l'*achèvement* d'une histoire. La mise en ordre des substances élémentaires est *achevée* et c'est précisément cet achèvement qui met un signe définitif sur le caractère *élémentaire* des substances ordonnées. On s'explique donc que la philosophie terminale du matérialisme instruit soit bien différente de la philosophie inchoative où s'attarde l'esprit philosophique traditionnel.

Pour bien mesurer cette stabilité historique d'acquisition récente, il faut tenir compte de la *densité d'expériences*, densité d'expériences incomparablement plus grande dans la période moderne que dans les périodes précédentes. En comparaison avec le nombre de travailleurs de la chimie contemporaine, combien étaient-ils, au temps de la Renaissance, les alchimistes

(1) *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, Paris, éd. Vrin, 1932.

qui, avec de pauvres armes, tourmentaient la matière ? Le *temps* des sciences modernes a une tout autre efficacité que le temps des sciences débutantes. Une décade de notre époque vaut des siècles des époques antérieures. Cette efficacité est précisément un des aspects de caractère de *cité constituée* qu'a pris la cité chimique depuis la fin du XVIII^e siècle. Du fait du groupement des travailleurs, les dialectiques se multiplient et s'accélèrent. Ainsi le temps de la science marche de plus en plus vite. Il est très frappant que cette sorte de progression géométrique de l'efficacité du temps dans les progrès de la culture scientifique ne soit jamais considérée par l'historien des sciences. Et même, si l'on évoque cette évidente accélération de la culture scientifique, on rencontre, chez l'historien des sciences, une curieuse mauvaise humeur. Il se veut historien comme les autres, marchant du même pas que les autres, dans la cadence des  v nements contingents. Il ne se rend pas compte que tout historien des sciences est nécessairement un historiographe de la Vérité. Les  v nements de la science s'enchaînent dans une vérité sans cesse accrue. Parfois sans doute, dans le progrès de la science, des vérités apparaissent partielles, incomplètes, mais c'est parce qu'elles sont absorbées par des vérités plus grandes, plus claires, plus générales. La science *grandit*. Et c'est cette croissance que l'historien des sciences doit montrer. Le temps de la science est soumis à la dynamique d'une essentielle croissance. D'autres histoires ne sont pas si bien partagées. Quand elles reçoivent un relief, elles le doivent souvent à un point de vue personnel de l'historien. Les *moments* de l'histoire générale n'atteignent pas communément l'objectivité *indéniable* des moments de l'histoire des sciences.

De tels moments de vérité scientifique jettent une lumière récurrente sur le passé de la pensée et de l'expérience. L' tat de complétude qui caractérise le système moderne des substances simples marque un semblable moment. Ce moment *liquide* les objections philosophiques préalables contre l'élémentarité des «  l ments chimiques ». Nous le comprendrons d'autant mieux que nous marquerons plus clairement, comme nous allons essayer de le faire, ce qui distingue la philosophie chimique moderne de la philosophie de la préchimie.

III

Trois ou quatre raisons d'importance philosophique bien inégale, des raisons hétéroclites s'opposaient à la *mise en ordre initiale* des éléments chimiques.

D'abord une véritable *fixation* plus encore psychologique qu'historique s'opposait à une juste appréciation du caractère élémentaire des substances. En effet, tant qu'on fixait à *sept* le nombre des métaux en les mettant en corrélation avec les *sept* planètes, on renforçait des valeurs symboliques inconscientes, on *achevait*, à trop bon compte, le système des substances métalliques. Ainsi la longue époque où l'on professait la fermeture réciproque du système des métaux et du système des planètes ne pouvait connaître les véritables synthèses de l'esprit scientifique. Il a fallu que les sciences deviennent autonomes pour pouvoir s'entraider. Même après que le progrès de la pensée eut rompu cette naïveté des correspondances entre les 7 métaux et les 7 planètes, le besoin de se référer à un mysticisme des nombres pour expliquer le ciel et la terre travaille les esprits les plus divers. Ainsi de Sénancour a sans doute appris qu'on connaissait, tandis qu'il écrit *Obermann*, plus de 7 métaux, plus de 7 corps simples. Mais il ne peut consentir à découronner le nombre sept de sa puissance symbolique. Il annonce, sans hésitation, qu'on connaîtra bientôt 49 corps simples, c'est-à-dire 7 fois 7. Quarante-neuf ou 7, voilà dit-il, « ce qui revient au même » (1). Mais laissons Obermann faire de la chimie avec des songes. Nous n'indiquons cette vésanie que pour montrer le caractère inadéquat d'une méditation à vide sur les nombres. L'arithmétique des substances doit suivre pas à pas les raisons et les expériences qui permettent d'attribuer un ordre numérique aux substances.

En second lieu, il nous est maintenant très compréhensible que la mise en ordre des substances élémentaires n'avait nulle chance de succès tant que le nombre des substances connues était trop faible. En fait, quand, au XVIII^e siècle, les chimistes, suivant en cela la méthode de l'histoire naturelle, entreprirent de classer les éléments par *famille*, ils ne purent aboutir qu'à des classifications éphémères. Le développement ne confirme nullement cette première mise en ordre. Et voilà un fait historique qui mérite la méditation du philosophe. Dans la connaissance de la matière, la nature ne livre pas des classifications naturelles. La comparaison des substances n'a pas l'immédiateté de la comparaison des formes.

Un troisième obstacle a beaucoup entravé les essais de systématique des corps simples même au début du XIX^e siècle : c'est le fait qu'on inscrivait, à la base de la chimie, des êtres physiques qui n'étaient pas des substances chimiques. Telles furent les substan-

(1) DE SÉNANCOUR, *Obermann*, p. 220, en note.

tialisations de certains principes comme la lumière, la chaleur, l'électricité. Dès que l'on considérerait en effet le calorique comme une substance au même titre que le soufre ou le phosphore, la doctrine des substances — nous le comprenons maintenant — ne pouvait se constituer. Donnons un exemple précis.

Pour Fourcroy encore, comme pour Lavoisier, la lumière est une substance. « Elle agit chimiquement sur les corps », « on en juge par la différence qu'offrent les mêmes corps plongés dans la lumière ou privés de cet élément. Les premiers deviennent en général colorés, volatils, inflammables ; les seconds ont les propriétés contraires » (1).

Voilà un texte bien dangereux pour l'historien des sciences s'il ne le juge pas en fonction de nuances philosophiques multiples susceptibles de séparer les raisons et les faits. On pourra, en effet, affirmer que la formule : « la lumière agit *chimiquement* sur les corps » correspond à une *réalité* abondamment vérifiée par l'expérience immédiate ; on pourra ajouter que cette *vérité* a été sanctionnée au cours du développement de la chimie par toute une science appelée, justement, photochimie. La photographie a apporté des preuves techniques innombrables de l'action chimique de la lumière.

Et cependant, comment ne pas voir qu'on interprète mal cette action chimique de la lumière si l'on attribue à la lumière le rôle même d'une substance, le rôle même d'un élément chimique ? Un temps viendra où l'on parlera de « corpuscules » de lumière, de « photons ». Mais, là encore, tout est nuance philosophique, et cette *réalisation corpusculaire* reste bien différente d'une *substantialisation*. Les corpuscules de lumière ne sont pas vraiment des corpuscules de substance, au sens où l'on parle de substance chimique. Une ontologie précise se doit de séparer ces deux instances de l'être : corpuscule et corps (2). Cette séparation n'est pas faite dans les intuitions ontologiquement confuses de Fourcroy.

En admettant même que par cette « confusion philosophique » qui unit lumière et matière on ait pu atteindre des conclusions exactes, il n'en est pas moins nécessaire d'en dénoncer le vice profond. Par exemple, la lumière prise comme un élément chimique conduit la préchimie à affirmer que la réfraction dans les corps cristallins est d'autant plus forte que ces corps sont plus combustibles. C'est d'après cette propriété, dit Fourcroy (*loc. cit.*,

(1) FOURCROY, *Philosophie chimique ou vérités fondamentales de la chimie moderne*, Paris, an III, seconde édition, p. 10.

(2) Cf. *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, chap. III.

p. 9) que Newton « a deviné la combustibilité du diamant et l'existence d'un principe combustible dans l'eau ». Mais deviner n'est pas penser. Et Fourcroy donne ici une fausse profondeur à la chimie newtonienne. Sans doute, Lavoisier a brûlé un diamant dans l'oxygène, sans doute Nicholson a tiré de l'eau, l'hydrogène, le gaz inflammable. Mais ces faits expérimentaux ne donnent pas une *valeur* scientifique à la prophétie de Newton. Fourcroy est victime d'une rationalisation historique. L'historicité du savoir scientifique se développe positivement dans le sens d'un progrès de raisonnement et d'expérience. La théorie de Newton de l'union de la réfraction lumineuse et de la combustibilité était une chimère (1).

En fait, Fourcroy est fixé dans un réalisme excessif de la lumière. Il dit encore : « La lumière enlève aux corps brûlés le principe qu'ils ont absorbé en brûlant, de sorte qu'incombustibles qu'ils étaient devenus, ils repassent à l'état combustible. On peut dire qu'en général la lumière débrûle les corps brûlés. » Autant d'expressions qui appartiennent à une sorte de chimie immédiate, de chimie des apparences, chimie naïve bien éloignée des bilans matériels exacts de la chimie scientifique. Les notions de *brûler* et de *débrûler*, sous la plume d'un grand chimiste comme Fourcroy, font écho aux notions de *cuire* et de *décuire* des alchimistes.

Le substantialisme de l'élément *lumière* va si loin chez Fourcroy qu'on rencontre des textes où Fourcroy pose une différence d'action *chimique* entre une cornue *transparente* et une cornue *opaque*. Voici une proposition qu'il met au rang des « axiomes » de la chimie (*loc. cit.*, p. 16) : « Souvent la lumière, appliquée en même

(1) Cf. HEGEL, *System der Philosophie*, II^e Partie, *Die Naturphilosophie*, éd. Michelet, 1929, p. 321, Hegel cite Biot qui dit : « La force (de réfraction) la plus énergique est dans les huiles et résines, et l'eau distillée ne leur est pas inférieure. » Mais le commentaire de Hegel va plus avant. Il ajoute : « la combustibilité est ainsi un facteur spécifique... : aussi l'huile, le diamant, l'hydrogène déterminent une réfraction plus forte ». On voit du reste le philosophe qui se satisfait ainsi d'une dialectique des propriétés matérielles immédiates. Il semble que la matière combustible attire la lumière susceptible de l'enflammer. Biot, prudemment, n'en avait pas tant dit. Et HEGEL termine le paragraphe en ces termes (trad. VÉRA, *La philosophie de la nature*, t. II, p. 45) : « Nous avons ici un des phénomènes les plus compliqués. Et ce qui le rend si compliqué, c'est que ce qu'il y a de plus spirituel se trouve ici soumis à des déterminations matérielles, et que le principe divin se mêle à l'élément terrestre. Mais dans cette alliance de la lumière pure, virginale et intangible avec les corps, chacun des deux termes garde aussi sa valeur. » Cette survalorisation idéaliste achevant la valorisation des qualités immédiates désigne assez clairement la différence entre les valeurs métaphysiques et les valeurs de l'explication scientifique fondées sur l'expérience. La survalorisation visible dans cette page hégélienne illustre un trait épistémologique bien caractéristique : on survalorise les valeurs d'autant plus facilement que ces valeurs sont moins bien vérifiées dans une expérience positive.

temps que le calorique, aide son action ou réciproquement ; aussi les vaisseaux transparents mis dans les fourneaux en laissant passer la lumière et le calorique à la fois, sont-ils extrêmement utiles aux chimistes. On produit le même effet en pénétrant d'assez de calorique les vaisseaux opaques pour les faire rougir ou les rendre perméables à la lumière. »

Ce texte nous paraît particulièrement sensible pour montrer l'influence d'un réalisme immédiat non discuté. Dire qu'on chauffe au rouge une cornue n'est plus ici, comme pour un esprit moderne, une simple indication fixant grossièrement une température favorable à une réaction chimique. Pour Fourcroy, la couleur rouge que prend le récipient a une action positive, une influence *chimique* ; la terre de la cornue, chauffée au rouge, laisse passer la *matière* de la lumière et cette *matière de la lumière* a une action chimique sur les *matières* contenues dans le récipient.

Nous avons donné un peu d'extension au commentaire des exemples fournis par Fourcroy en vue de bien montrer que l'adjonction de fausses substances comme le calorique et la lumière à la liste des corps simples rendait bien difficiles les essais d'une bonne systématique des substances élémentaires.

Enfin, un quatrième aspect du matérialisme immédiat entrave la constitution d'un matérialisme ordonné : c'est la grande inégalité des *quantités d'existence* des différents éléments chimiques rencontrés dans la nature. On comprend aisément la nécessité, pour établir une systématique des corps simples, d'effacer tout privilège relatif à la quantité. Le fer, le carbone, le calcium, l'oxygène sont très abondants dans la nature. Telle terre rare joue pourtant un rôle équivalent à ces éléments abondants dès qu'on veut établir un matérialisme ordonné.

Ce n'est d'ailleurs pas un des traits les moins caractéristiques de la philosophie chimique nouvelle que l'importance prise par un élément extrêmement rare — voire un élément évanouissant, voire un élément évanoui — dans la systématique des éléments. On est bien loin de l'expérience première quand on donne un rôle équivalent, dans le matérialisme rationaliste, au fer et au masurium. Le quantitativisme pose sans doute ses propres problèmes ; mais il n'a pas à intervenir dans le problème de la classification des types. Ainsi, même sous l'angle des questions générales touchant l'univers de la matière, on voit qu'une philosophie chimique instruite par la science moderne ne peut garder les privilèges de l'expérience immédiate.

Pour toutes ces raisons, on comprend que la systématique des

éléments chimiques ne pouvait apparaître que dans une science très avancée, quand à la période de la science descriptive succède la période d'organisation rationnelle de l'expérience. Nous voici donc arrivés à un point où nous devons réaliser une inversion des intérêts philosophiques. Une simple dialectique logique ne suffirait pas à suivre l'histoire. Une rupture avec le passé est nécessaire si l'on veut assumer le rationalisme du matérialisme moderne. Si nous pouvons présenter nettement cette rupture peut-être comprendra-t-on mieux la dualité des points de vue qui semble nécessaire à qui veut examiner le développement de la philosophie chimique.

IV

En raison de tous les obstacles rencontrés par les essais de classification, il faut venir jusqu'à la deuxième moitié du XIX^e siècle pour que le problème d'une systématique des éléments de la matière soit posé dans une perspective éclairante.

Si l'on devait marquer de traits un peu gros les révolutions d'idées par lesquelles se rénove la science, on pourrait parler d'abord de l'ère analytique de Lavoisier, ensuite de l'ère synchrétique de Mendéléeff. Les travaux de Mendéléeff, qui eurent, de son vivant, bien peu de retentissement, prirent, cinquante ans après leur parution, une importance considérable, au point que le tableau de Mendéléeff, sans doute plusieurs fois modifié, est une des pages les plus philosophiques de la science. Le tableau établissant comme une totalité organique l'ensemble jadis indéterminé des corps simples fonde vraiment la *chimie synchrétique*.

Mettons rapidement en lumière la cohérence de la systématique des corps simples réalisée par Mendéléeff.

Au lieu des classifications linéaires qui organisaient les éléments en famille, sans jamais organiser entre elles les familles d'éléments, le tableau de Mendéléeff met en œuvre un *ordre croisé*, un ordre à deux variables. On n'a pas distingué d'abord très nettement ces deux variables ; elles ne furent bien désignées que dans une information électrique très poussée qui ne pouvait apparaître dans les premières formes du système. Mais les rôles différents de ces deux variables ordinales se multiplièrent avec les progrès de la science et l'on peut dire qu'à chaque décade, depuis trois quarts de siècle, on comprend mieux la signification de l'ordre croisé qui est le principe du tableau de Mendéléeff.

L'idée directrice de Mendéléeff a été de prendre pour les corps simples, comme premier motif d'ordination, le poids atomique et

comme second motif, la valence chimique. Écrivant sur une ligne horizontale la suite des corps simples en suivant l'ordre croissant des poids atomiques, il interrompait la première ligne pour mettre en colonnes verticales les corps simples de même valence. La deuxième ligne finie, une autre recommence suivant le même rappel pour mettre peu à peu en colonnes les valences. Rien de plus simplement totalisateur que cette classification qui met en œuvre les deux notions de poids atomique et de valence chimique qui dominent la chimie classique.

Mais voyons d'un peu près cette notion de *poids atomique* qui semble garder dans les premières formes du tableau de Mendéléeff un privilège d'ordination. Cette notion de poids atomique, si l'on isole les phases de son évolution, peut en effet nous servir d'argument pour le polyphilosophisme que nous défendons dans le présent ouvrage.

Dans la courte histoire de cette notion qui n'a vraiment qu'un siècle et demi d'existence, il est des époques où l'on n'hésite pas à affirmer le *réalisme* de la notion, d'autres époques où l'on marque une volonté explicite de se limiter au *positivisme de l'expérience*. On veut bien alors manier des symboles, se confier à un symbolisme organisateur, mais on s'interdit d'aller plus loin. Il fut un temps récent où dans l'enseignement — en cela en retard comme souvent sur la science effective — on insistait sur le caractère d'*hypothèse* de la notion d'atome. Il était alors recommandé de dire que le *poids atomique* n'est pas un *poids* puisqu'il ne désigne que les *rapports* pondéraux des corps qui entrent en composition (1). Le poids atomique, s'il était vraiment le *poids d'un atome*, devrait être un nombre *absolu*. Dans les premières déterminations et durant tout le xix^e siècle, le poids atomique était un nombre *relatif*, un nombre indiquant un *rapport* de poids. Le vrai nom de la systématique des poids atomiques dans la chimie du xix^e siècle aurait dû être : tableau des nombres proportionnels déterminant la composition, en corps simples, des corps composés. Ce n'est qu'après les travaux de l'école atomistique du xx^e siècle — en particulier l'école de Jean Perrin — qu'on put déterminer le nombre absolu d'atomes contenus dans un poids déterminé de substance et calculer le *poids absolu* d'un atome d'une substance désignée.

Ainsi, sur cette notion particulière de poids atomique, on peut suivre une évolution de la philosophie chimique, philosophie qui accède lentement au *réalisme précis* grâce à l'organisation ration-

(1) Cf. notre livre, *Les intuitions atomistiques*, éd. Boivin, chap. IV.

nelle d'une expérience comparative essentiellement complexe. Il suffit de suivre cette évolution aboutissant à un *réalisme scientifique* pour voir combien sont inertes les thèses d'un *réalisme immédiat*, réalisme immédiat qui est toujours prêt à aligner tout son savoir à partir d'une expérience particulière. Par ses techniques multiples et ses théories de plus en plus rationnelles, la chimie contemporaine détermine un véritable « spectre philosophique » qui met en place les diverses nuances d'une philosophie primitivement aussi simple que le réalisme.

On se tromperait d'ailleurs si l'on bloquait la philosophie scientifique sur un état particulier de la science, fût-ce l'état présent. Il persiste dans l'esprit scientifique une histoire vivante. Cette histoire est bien visible, bien évidemment active, au niveau de cette notion particulière de poids atomique. Comme un fait ineffaçable, comme le fait d'une culture active, subsiste le fait historique : *le poids atomique est un poids relatif qui est devenu absolu*. Ce devenir doit encore être induit dans toute éducation scientifique saine. Et tout chimiste garde en son esprit la trace de ce devenir. Dans beaucoup de ses pensées, le chimiste utilise encore la notion de poids atomique sous son aspect de nombre proportionnel de combinaison (notion toute positive, pure traduction des *rapports* pondéraux trouvés dans les analyses et les synthèses du laboratoire de chimie). Mais le chimiste sait que le physicien a levé les hypothèses et que l'on est maintenant en droit de traduire dans le langage *réaliste* les différents rapports pondéraux exprimés dans le langage *positiviste*. Le langage réaliste est plus fort. Il confirme le chimiste dans le bien-fondé des notions théoriques ; il permet au chimiste de s'attacher davantage aux schémas atomistiques sans abandonner la prudence qui est de règle au laboratoire.

Ainsi, au poids atomique correspond, en fait, un *concept affecté d'un devenir épistémologique*, un concept qui garde ses attaches historiques. Un philosophe qui marquerait d'un trait unique la philosophie d'un tel concept s'interdirait de suivre l'activité psychologique réelle du savant. C'est par de telles simplifications philosophiques qu'on aboutit à ces philosophies univalentes, philosophies toujours aussi sceptiques à l'égard des thèses adverses que facilement convaincues des thèses dogmatiquement professées.

En particulier si l'on s'éloigne des thèses générales, si l'on détermine les valeurs philosophiques au niveau de problèmes particuliers, on ne pourra accepter comme un dilemme le choix que propose Meyerson : réalisme ou positivisme. Le positivisme ne se

laisse pas aussi facilement évincer et le réalisme lui-même change de caractère en changeant de niveau. Précisément, sur le problème qui nous occupe, la désignation électronique des différents types d'atomes va déplacer et préciser le *réalisme* de la notion d'éléments chimiques. Un temps vint en effet où la systématique fondée par Mendéléeff sur une phénoménologie purement chimique fut positivement *approfondie* par une organisation qui ne correspond plus à l'aspect proprement chimique. A la notion de poids atomique succède alors — comme variable organisatrice du tableau de Mendéléeff — une notion phénoménologiquement plus abstraite : la notion de *nombre atomique*. Au début, ce nombre atomique était un véritable *nombre ordinal* ; il était, en somme, le numéro qui fixait le rang des substances élémentaires dans la suite des diverses lignes horizontales du tableau de Mendéléeff. Philosophiquement le progrès accompli au niveau de la notion de nombre atomique a précisément consisté dans son passage de fonction *ordinale* à la fonction *cardinale*. On a pu se rendre compte qu'avec cette notion non seulement on *ordonnait* des éléments mais qu'on *comptait* quelque chose. En effet corrélativement à la notion de famille d'éléments chimiques s'établit une notion voisine mais réalistiquement plus profonde : la notion de *structure électronique* qui relevait d'une comptabilité toute cardinale d'électrons.

Ainsi, dès le début du *xx^e* siècle, la phénoménologie des substances élémentaires se dédoubla et une systématique spécifiquement électronique fut instituée comme base de la systématique chimique de Mendéléeff. De ce fait, les doctrines de la matière accueillirent des types d'explication tout nouveaux, fondés sur un véritable domaine de rationalité pourvu de principes autonomes : la mécanique quantique. Un nouvel objet, l'électron, réclame en effet, des principes d'organisation spécifique, tels par exemple que le principe d'exclusion de Pauli.

Mais en restant même dans une perspective phénoménologique, on est amené à parler maintenant d'une hiérarchie des phénomènes. On se rend compte maintenant que l'organisation électronique du système des 92 éléments est plus profonde, réalistiquement parlant, et plus explicative, rationnellement parlant, que l'organisation proprement chimique par laquelle Mendéléeff établit son tableau. Cela est si vrai que l'ordination électronique *explique* les quelques anomalies que Mendéléeff avait dû consentir pour former un tableau qui respectât le groupement par valence (anomalies profondes puisque, en quelques endroits, dans les formes évoluées du tableau, il avait été nécessaire d'inverser l'ordre des poids atomiques croissants, mettre, par exemple, l'argon (poids

atomique 39,88) avant le potassium (poids atomique 39).

Quand Mendéléeff consentait de telles inversions, il utilisait, en somme, la notion de nombre atomique bien avant que cette notion pût être proposée. Cette notion ne pouvait, en effet, apparaître avant qu'une réalité positive lui donnât corps. Cette réalité positive, c'est le corpuscule électrique, c'est l'électron.

Qu'est-ce donc alors que le nombre atomique qui caractérise un élément chimique donné ? C'est le *nombre d'électrons* contenus dans un de ses atomes. Alors tout s'éclaire dans une nouvelle explication électronique de la systématique chimique : le principe ordonnateur est le nombre atomique, ce n'est pas le poids atomique. Et si le système de Mendéléeff a pu se constituer c'est en raison d'un parallélisme (parallélisme d'ailleurs imparfait) entre la croissance du poids atomique et la croissance du nombre atomique. Le nombre atomique varie de 1 à 92, unité par unité, ce nombre permet de numérotter les cases du tableau de Mendéléeff.

Si les philosophes méditaient ce passage de l'ordinal au cardinal ils seraient moins sceptiques sur les progrès philosophiques de la pensée scientifique.

Et voici maintenant la liaison du nombre atomique avec les considérations de structure pour les différents types d'atomes. Les *périodes chimiques (longueur des lignes horizontales du tableau)* se développent chacune en suivant le nombre progressivement croissant des électrons dans la couche externe des différents atomes de la période. D'autre part la désignation des familles chimiques se fait par le nombre des électrons dans la couche externe. Quand la couche externe contient un électron, l'élément est un élément alcalin ; quand cette couche externe contient deux électrons, l'élément est un élément alcalino-terreux... Avec sept éléments dans la couche externe, on a la famille des halogènes ; avec huit électrons, la famille des gaz inertes. Ainsi les familles chimiques, si difficiles qu'elles aient été à rassembler par la phénoménologie strictement chimique aidée par les considérations de valence qui étaient liées aux lois de Faraday sur l'électrolyse, sont donc clairement expliquées électriquement, ou, pour parler d'une manière plus exacte, les familles chimiques sont expliquées *électroniquement*.

Cela étant, si l'on a égard à la somme considérable de vues théoriques et d'organisations techniques que réclame la notion d'électron, on doit bien convenir que la systématique chimique, dès qu'elle se fonde sur cette notion, reçoit un caractère philoso-

phique nouveau, le caractère même que nous avons mis sous le signe d'un rationalisme appliqué. L'organisation électronique, prise comme un nouveau domaine de rationalité, éclaire indirectement, mais profondément, notre savoir empirique. Le tableau de Mendéléeff, réorganisé au niveau des connaissances actuelles, accède à un véritable rationalisme arithmétique de la matière ; autrement dit, le tableau de Mendéléeff est un véritable boulier qui nous apprend l'arithmétique des substances, qui nous aide à arithmétiser la chimie.

Et qu'on mesure bien cette différence philosophique essentielle : la matière n'est pas électrique *substantiellement* ; elle est électronique *arithmétiquement*. La science de la matière échappe par cette révolution épistémologique aux rêveries des philosophes irrationalistes. En effet, tout ce que l'irrationaliste postulait comme *substance* se désigne comme *structure*. En vain, dans son ivresse de l'insondable, le philosophe irrationaliste objecte-t-il au savant contemporain : « Vous ne savez pas *au fond* ce qu'est la *substance* de l'électron », en vain le philosophe irrationaliste croit-il pouvoir reporter la naïveté de ses questions dans l'au-delà substantialiste du corpuscule constituant. En postulant, une sorte de transcendance de la profondeur substantialiste, le philosophe irrationaliste ne fait que serrer les œillères sur les tempes. Toujours le philosophe irrationaliste veut voir les choses *à sa façon*. Il prétend se limiter aux questions *primitives*. Il se refuse au long apprentissage qui a permis au savant de rectifier les perspectives initiales et d'aborder une problématique précise. Comment alors pourrait-il poser les questions qui naissent précisément d'un renversement des rapports de la substance et de la qualité ?

Pour comprendre ce renversement il faut dire : les qualités substantielles sont *au-dessus* de l'organisation structurale ; elles ne sont pas *au-dessous*. Les qualités matérielles sont des faits de composition, non pas des faits dans une substance intime des composants. Nous touchons une limite où le réalisme ne s'intériorise plus, où précisément le réalisme s'extériorise. Cette révolution épistémologique de la doctrine des qualités matérielles apparaîtra sans doute mieux quand nous l'aurons, par la suite, étudiée dans un chapitre spécial. Mais, dès maintenant, nous devons comprendre que la dualité de l'organisation électronique et de l'organisation chimique entraîne une dialectique qui ne peut laisser à son immobilité la doctrine traditionnelle des qualités substantielles.

De toute manière, sans nous aventurer encore dans une phi-

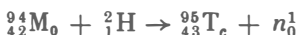
losophie des qualités matérielles, nous pouvons faire état d'une différence philosophique essentielle entre les périodes du tableau de Mendéléeff primitif, fondées sur les qualités chimiques, et la période du tableau moderne fondée sur les structures électroniques. Les périodes primitives, telles qu'elles sont apparues dans les enquêtes empiriques, sont des faits sans explication. Elles sont encore attachées à la périodicité des qualités souvent imprécises, parfois mal mesurées, qui avaient été étudiées par Lothar Meyer. Mais quand la valence chimique est expliquée par des organisations électroniques, l'empirisme de départ apparaît comme une *connaissance en première position*, connaissance qui constate mais n'explique pas. La théorie électronique prend alors la fonction d'un ordre de raisons qui expliquent les faits. Une telle hiérarchie dans les faits et les raisons ne doit pas être effacée. Parler encore d'empirisme absolu quand on atteint une telle puissance de dialectique et de synthèse, c'est brouiller bien des nuances, c'est précisément refuser, dans l'estimation des pensées scientifiques, les nuances philosophiques. On manque alors à prendre l'étonnante instruction philosophique qui accompagne les progrès modernes de la connaissance scientifique.

Il nous faut souligner enfin que ce rationalisme actif qui éclaire la systématique des corps simples est un rationalisme si engagé dans l'expérience qu'on ne peut plus le caractériser extérieurement, sans se référer aux documents scientifiques. Il n'a plus rien d'une formation *a priori*. Il ne peut plus partir de la simplicité. Il nomme le simple par récurrence à partir d'un champ d'expériences complexes. En particulier, sur le problème qui nous occupe, rendons-nous compte que la clarté est apportée par la multiplicité des périodes du tableau de Mendéléeff. Le clair naît ici de la répétition des exemples, donc d'une multiplicité. Le thème apparaît grâce aux variations. Que saurions-nous de la doctrine des substances simples si la liste des corps simples s'achevait à la fin de la première période ? Il a fallu ce grand clavier aux multiples octaves pour que nous saisissons cette harmonie générale des substances simples. L'intuition substantialiste qui guide la pensée moderne a donc une tout autre ampleur que l'intuition aveuglée par des classifications trop simples. Par récurrence, nous voyons maintenant quelle impossibilité arrêtrait une doctrine de la matière, quand les connaissances n'avaient pas rassemblé des documents sur un nombre suffisant de corps simples pour que se dessine l'intuition de leur *totalité*. Il fallait passer de *plusieurs* à *tous*. Et l'on ne pouvait avoir la conviction de les avoir tous avant de constituer rationnellement une doctrine de la totalité.

V

A elle seule, la courte histoire de la découverte des derniers éléments qui manquaient, il y a quelques années encore, dans la liste des 92 éléments de la systématique mendéléeffienne moderne prouverait l'éminente valeur des découvertes spécifiquement *techniques* (1). Les 4 dernières cases vides ont été comblées par des éléments qu'on peut bien dire « introuvables » par la connaissance commune. Disons en quelques mots comment la technique a trouvé ces introuvables.

L'élément 43 est précisément appelé le technécium. Perrier et Segré qui l'ont observé en 1937 ont voulu rappeler par ce nom « son origine technique, non naturelle ». Le technécium (symbole Tc) a été obtenu, en physique nucléaire, par bombardement du molybdène par les deutons :



On lui connaît 4 isotopes de poids atomique 95, 96, 97, 98.

« Les premières observations chimiques de Perrier et Segré, effectuées à l'échelle des indicateurs, ont été récemment confirmées, dans leur ensemble, sur des quantités de l'ordre du milligramme, isolées dans les produits de fission de l'uranium. » Et Haïssinsky, en deux grandes colonnes, énumère les connaissances chimiques qui ont pu être fixées à partir d'une donnée matérielle aussi peu importante. La spectroscopie a, de son côté, identifié une centaine de raies caractéristiques du technécium.

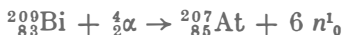
L'élément 61 est le Prométhéum (symbole Pm). Il a été identifié en 1944-1945 par Marinsky et Glendenin dans les produits de fission de l'uranium. « Les quantités de Pm produites dans les piles nucléaires sont relativement grandes : Seaborg estime à 1 mg environ la quantité journalière fournie par une pile de 100 kW... Lentz et Parker ont obtenu des quantités macroscopiques, notamment 3 mg de chlorure jaune et 3 mg de nitrate rose. »

La spectroscopie a identifié 70 raies caractéristiques du prométhéum.

(1) On trouvera un riche exposé de ces découvertes dans un article de M. HAÏSSINSKY qui reproduit une conférence faite le 24 juin 1949. (*Bulletin de la société chimique de France*, 1949, p. 668.) « Les nouveaux éléments chimiques et le système périodique. » Toutes nos citations dans ce paragraphe, sont empruntées à cet article.

Notons, au passage, qu'une chimie portant sur le milligramme est ici donnée comme relevant de la chimie macroscopique. Nous sommes ici, en effet, devant des *quantités* bien supérieures à celle qu'envisage la microchimie formulée au niveau des indicateurs, chimie qui ne peut spécifier les substances qu'en raison des propriétés radioactives.

L'élément 85 est l'Astate (symbole At). Il doit son nom à sa grande instabilité. Segré l'a obtenu en 1940 dans le bombardement du bismuth par des particules α .



On lui connaît 10 isotopes, tous radioactifs, à courte vie moyenne. Pour cette raison, la chimie de l'astate est difficile. Haïssinsky dit que la conclusion qu'on peut tirer de ces recherches « est que l'astate est non seulement le métalloïde le plus noble, mais qu'il se place aussi parmi les métaux les plus nobles. De nouvelles études sur le comportement de l'astate, bien que difficiles, seraient très désirables ».

De leur côté Pollard et Davidson (*loc. cit.*, p. 160) disent que toutes les propriétés de l'astate ont été observées en étudiant l'évolution de la radio-activité sur une masse infime de l'élément durant des réactions chimiques. Ce type de coopération de la science chimique et de la science nucléaire n'est pas un des caractères les moins frappants de ces subtiles recherches. On trouve là un lumineux exemple de la coopération des spécialistes dont nous parlions dans l'introduction de notre ouvrage : *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*. Signalons d'ailleurs que cette chimie qui opère sur une substance ajoutée à l'état de trace sur un support substantiel maniable ne correspond guère à la vieille définition de la chimie, définition qui aime à répéter que, depuis Lavoisier, la chimie est la science instrumentale de la balance. L'union expérimentale de la balance et de la chambre de Wilson fait apparaître une synthèse de la philosophie technique. On peut dire que dans une telle synthèse la radiochimie permet l'étude des substances qui échappent à la catégorie de la quantité. Leur chimie est solidaire de la physique nucléaire. Pour cette zone moyenne, on peut, en suivant Paneth, définir la radio-chimie comme la chimie des corps qui sont identifiés par leurs radiations nucléaires (1).

(1) Cf. Engelbert BRODA, *Advances in Radiochemistry*, Cambridge, 1950, p. 2.

L'élément 87 est le francium (symbole Fr). Il a été découvert en 1939 par Mlle Perey. C'est le résultat d'une désintégration α de l'actinium. On connaît maintenant 4 isotopes du francium. C'est un métal alcalin qui *achève* la famille si caractéristique des métaux alcalins jadis arrêtée au césium. Le francium est « le plus électropositif de tous les éléments ».

Ainsi la complétude du tableau de Mendéléeff a été obtenue par 4 substances qui paraissent n'avoir qu'un bien faible poids d'existence. Il n'est pas à penser qu'on découvre jamais un gisement d'astate ou de francium. On n'a pas non plus à attendre qu'un corps nouveau vienne déloger le technicien de sa case 43. Le rationalisme matérialiste, du fait de cette complétude du tableau des substances, reçoit une claire satisfaction. Tous les nombres atomiques ont leur représentant chimique. L'arithmétique matérielle est désormais à l'abri de toute objection d'artificialité bien qu'elle soit une conquête des plus subtiles théories et des plus difficiles techniques. Le rationalisme matérialiste a mis un ordre évident dans le désordre et la contingence de l'expérience immédiate. Si les philosophes se rendaient compte des difficultés inouïes rencontrées dans le progressif achèvement du tableau de Mendéléeff, ils ne refuseraient pas leur admiration pour un ordre si profondément rationnel, si peu indiqué par l'aspect immédiat des choses, si éloigné de toutes les tentatives de classification empirique.

VI

Quand on suit période par période, l'organisation électro-nique des substances chimiques élémentaires, on acquiert la conviction que la dernière période, celle qui se termine au 92^e élément, à l'uranium, est inachevée. C'est là un fait d'histoire naturelle : la nature ne construit pas les éléments chimiques au-delà du quatre-vingt-douzième. Cette borne naturelle est-elle absolue ? Quelle en est la raison ? Mais comme on ne trouve pas de raison à cette borne, on se pose le problème de la dépasser. De même que les lacunes intérieures au tableau de Mendéléeff avaient été comblées par une interpolation anticipatrice finalement sanctionnée par l'expérience, on a tenté quelques extrapolations pour *achever* la dernière période, pour aller, par l'organisation rationnelle, plus loin que la nature.

Ce n'est pas cependant par les voies de la chimie que se fit un enrichissement de la période terminée par l'uranium. A ce point du développement de la science, la physique nucléaire

relaie la chimie et c'est grâce à la technique nucléaire que l'on a créé les transuraniens.

Voici donc notre enquête devant un approfondissement du matérialisme instruit qui aborde, avec l'étude du « noyau », l'être le plus profond de la matière. Quand on suit vraiment dans le détail le progrès de ces nouvelles connaissances, on ne peut méconnaître que cet *approfondissement* est aussi bien gnoséologique que réaliste.

Donnons une rapide ébauche des principes ordonnateurs dans ce nouveau domaine du matérialisme instruit.

Nous retrouvons d'abord, dans la science du noyau, le *nombre atomique*. Dans l'organisation de Mendéléeff, ce nombre atomique correspondait au nombre des électrons négatifs contenus dans la zone périphérique de l'atome, zone comptable de tous les phénomènes chimiques ; il déterminait la chimie comme une science désignée quelquefois par l'épithète *négalonique*. Mais puisque tous les atomes sont, dans leur état naturel, électriquement neutres, il faut donc que la charge négative des couronnes d'électrons soit compensée par une charge positive du noyau central. Ainsi le nombre atomique Z qui représentait le nombre d'électrons des couronnes de l'atome, représentera dans la science du noyau, le nombre de charges positives, le nombre de protons. Le nombre Z sera donc encore, en physique nucléaire, le facteur d'ordination de la matière. Le matérialisme nucléaire et le matérialisme chimique sont ainsi ajustés l'un à l'autre par la même variable Z .

Cependant la variable Z attachée au nombre des protons dans le noyau n'est pas sensible à la périodicité chimique du tableau de Mendéléeff. Une nouvelle organisation doit être envisagée, qui a trouvé son principe à partir de la loi que Moseley établit en 1913.

Mais une deuxième variable est nécessaire pour rendre compte des phénomènes nucléaires. Dans un noyau d'atome, il y a, outre des protons chargés positivement, des corpuscules neutres, les neutrons (1). Neutrons et protons sont comptabilisés par la nouvelle variable arithmétique qu'on appelle le *nombre de masse* et qu'on désigne par A . Comme on donne souvent aux corpuscules contenus dans le noyau qu'ils soient positifs ou neutres, le nom de *nucléons*, A est le nombre de nucléons d'un noyau. Le nombre des neutrons sera donc $A - Z$. On voit combien l'arithmétique de la matière est philosophiquement claire. Mais il faut toujours prévenir un jugement qui accentuerait le caractère « chosiste » de cette comptabilité. Tous ces nombres A , Z , $A - Z$ sont des

(1) Cf. *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, chap. III.

nombres *inférés* ; ils sont le résultat de mesures méditées, de longs calculs. Ils ne sont pas des données initiales. Dans l'arithmétique de la matière, que cette arithmétique soit électronique ou nucléaire, *on ne commence pas par compter*.

Comme les neutrons et les protons ont à peu près la même masse et qu'on prend, par convention, le poids atomique de l'oxygène (qui contient 16 nucléons) égal à 16, on s'explique que le poids atomique d'un isotope déterminé soit toujours un nombre entier (1). Cette propriété des isotopes avait été reconnue expérimentalement avant de recevoir son explication arithmétique. Rappelons que les poids atomiques, tels qu'ils se présentent dans l'expérience *chimique*, sont les poids atomiques de *mélanges isotopiques*. La chimie ne présente aucun caractère neutronique ; elle ignore le neutron. Le neutron est un être du noyau. C'est seulement en physique nucléaire que le nombre de masse A joue un rôle de même importance que celui du nombre atomique Z . Avec A et avec Z on construit les schémas élémentaires de la systématique des noyaux. Connaissant A , connaissant Z , on peut dire — s'il est permis de plaisanter — qu'on connaît la matière de a à z .

Ainsi pour les noyaux comme pour les atomes, la systématique a besoin d'un ordre à deux variables, d'un *ordre croisé*.

En fait, les *périodes*, si caractéristiques en chimie, ne sont plus apparentes, répétons-le, dans la systématique nucléaire. Au lieu de jouer sur un damier complet, les noyaux des différents éléments se distribuent dans des cases voisines de la diagonale. Mais toute la topologie matérialiste des noyaux est, dans son aspect élémentaire, à deux dimensions. On ne peut rien comprendre aux phénomènes de la physique nucléaire, si l'on n'a pas présent à l'esprit, si l'on n'a pas devant les yeux, le tableau à double entrée qui résume les rapports arithmétiques des différents éléments à l'égard des variables A et Z . C'est là une exigence rationaliste qu'on ne peut ni transgresser, ni tourner.

En particulier, quand on en vient à examiner le problème des *transmutations* nucléaires, on ne pourra le poser qu'en fonction de cette topologie à deux variables, dans un *voisinage* déterminé par des changements de quelques unités seulement touchant A ou Z , ou bien encore A et Z .

Mais voyons d'un peu près, sur le problème même des transmutations, la portée philosophique de cette exigence rationaliste.

(1) Plus exactement, il faut dire un nombre voisin d'un nombre entier. Il intervient de petites différences dues aux poids de l'énergie.

VII

Dans les livres de vulgarisation, il est d'usage, lorsqu'on veut présenter le problème moderne des transmutations des éléments chimiques, d'évoquer le souvenir des alchimistes. On rappelle, avec complaisance, que des générations de chercheurs opiniâtres ont tenté de transformer le plomb en argent et en or et l'on conclut, dans une formule de style : « Les savants contemporains ont réalisé le vieux rêve des alchimistes. »

Mais pourquoi se référer à cet arrière-fond légendaire ? Quelle impureté de pensée ! Comment peut-on avoir si peu de confiance en l'esprit de nouveauté du lecteur ? L'art, la littérature « réalisent » des rêves ; la science, non. L'onirisme des alchimistes est puissant. A l'étudier on pénètre dans des couches profondes du psychisme humain et tout psychologue de l'inconscient trouvera une mine inépuisable d'images dans la littérature alchimique (1). Mais l'*inconscient*, dans une culture scientifique, doit être psychanalysé de part en part. La pensée scientifique repose sur un passé réformé. Elle est essentiellement en état de révolution continuée. Elle vit actuellement d'axiomes et de techniques, c'est-à-dire de pensées vérifiées et d'expériences qui ont fait, dans une extrême précision, leurs preuves de validités. La science, dans ces conditions, n'a rien à gagner à ce qu'on lui propose de fausses continuités alors qu'il s'agit de franches dialectiques. Car rien, absolument rien, ne légitime une filiation des transmutations alchimiques aux transmutations nucléaires. Laisser supposer une telle filiation, c'est confondre les valeurs, c'est manquer précisément au devoir philosophique d'instituer les valeurs proprement scientifiques, en établissant ces valeurs dans leur autonomie.

Pour instituer ces valeurs proprement scientifiques, il faut se placer dans l'axe même des *intérêts* scientifiques. Faute d'intérêts proprement scientifiques, la pensée, à l'égard des résultats de la science, risque les pires déviations. De toute manière, la technique des transmutations nucléaires ne peut se comprendre sans qu'on demande au lecteur un effort de pensée présente, sans vaine histoire. Il faut que le lecteur sache au moins où se situent les problèmes pour juger de la valeur des solutions.

Il est d'ailleurs facile de faire voir la contradiction philosophique des « travaux » alchimiques et des recherches nucléaires. L'alchimiste poursuivait un changement de qualités. Il tentait, par exemple, un changement de couleurs, confiant dans le carac-

(1) Cf. C. G. JUNG, *Psychologie und Alchemie*, Zurich, 1944.

tère substantiel de la couleur. Qu'il puisse jaunir le plomb, voilà un premier rêve, voilà un programme. Avec une semence grise, avec le germe du plomb, quel grand rêve de faire mûrir la substance et d'obtenir, réalisant les métaphores, des moissons d'or. Plus profondément encore, si le travail alchimique pouvait *alourdir* le plomb, si le plomb pouvait être rendu aussi *lourd* que l'or, la transmutation serait bien près de réussir !

Or, en fait, si l'on se guidait sur les poids atomiques, la transmutation du plomb en or devrait se faire, au contraire, en *allégeant* le poids atomique du plomb. Le nouveau programme devrait donc aller à l'envers de l'ancien.

Mais comment résoudre un tel paradoxe phénoménologique, comment le faire comprendre à un lecteur moderne, si précisément l'on n'a pas, au préalable, divisé la phénoménologie de la matière en ses trois niveaux : niveau des expériences physiques — niveau des expériences chimiques — niveau des expériences nucléaires. En revanche, une fois la séparation faite, on peut faire comprendre que la *densité* correspond à une notion exclusivement *physique*, une notion valable seulement dans le premier niveau. Sans doute cette notion a pu servir à *désigner* nettement des substances chimiques particulières. Mais dès que l'on pense à la conception d'une chimie essentiellement intermatérialiste, d'une science qui étudie des rapports pondéraux entre les substances qui se combinent entre elles pour donner de nouvelles substances, la notion de densité est reléguée à son rôle de *simple désignation* préliminaire, travailler sur la densité, comme tentaient de le faire les alchimistes, c'était donc travailler à un niveau superficiel de la phénoménologie, loin des facteurs agissants de la transmutation.

Le facteur agissant n'est pas même un facteur chimique. C'est le *Z* du noyau. C'est le nombre des protons dans le noyau d'atome. Si la transmutation « rêvée par les alchimistes » doit se faire, il faut transformer le $Z = 82$ du plomb en le $Z = 79$ de l'or. C'est là une transformation *électrique*, mieux une transformation protonique. La technique nucléaire ne peut réussir cette transmutation que si elle permet de retrancher de chaque atome de plomb 3 protons. Si elle opère cette soustraction, tout le reste est donné par surcroît : les propriétés chimiques, les propriétés physiques, voire les bonnes vieilles métaphores du grand poids et de l'éclat solaire.

Faute de pouvoir travailler à ces profondeurs, au-delà même de la première profondeur chimique, au niveau même de la profondeur protonique, toute tentative de transmutation matérielle devait donc rester vaine. Il est donc bien inutile de mettre un

faux problème à l'origine d'un vrai problème, absurde même de rapprocher alchimie et physique nucléaire. Bien plutôt, il faut que la pensée philosophique *accompagne* la technique pour poser le problème de la systématique des substances élémentaires au niveau où apparaissent les véritables filiations.

Mais la perspective vers les fonds objectifs du réel manquera de profondeur si elle veut systématiquement prendre la clarté de la connaissance à la première ébauche de connaissance sans suivre la tâche d'instruction progressive de la pensée scientifique. Sans cesse, le philosophe phénoménologue déclare qu'il faut revenir à la chose même. À quelle chose, à quel objet de science pourrait-on s'attacher quand la culture scientifique réalise précisément un détachement des premiers objets ?

Quand on signale à des philosophes cet approfondissement de la phénoménologie nécessaire pour classer les valeurs de l'expérience scientifique, quand on en prend prétexte pour reconnaître une *profondeur* dans l'objectivité, et corrélativement dans la conscience une hiérarchie de rationalité, ils répondent souvent par cette vieille image sceptique des voiles d'Isis qui sans fin dévoilée garde toujours assez de voiles pour cacher son mystère. Ils refusent cet émerveillement rationaliste qui nous fait découvrir chaque fois plus de rationalité quand se liquident les premières illusions. Car enfin, la profondeur d'objectivité, telle que l'explore la science contemporaine, est, à chaque découverte, une extension de la rationalité. La puissance d'explication augmente. Plus profondément va l'expérience, plus systématiquement s'organise le savoir.

On le voit, une technique de la matérialité en profondeur va bien de pair, comme nous le disions plus haut, avec une pensée qui prend conscience de sa rationalité, ce qui est, d'après nous, un renouvellement de la prise de conscience. La conscience de la rationalité d'un savoir est un nouveau départ pour une phénoménologie. Une telle prise de rationalité dénonce par récurrence l'intentionnalité empirique de la conscience première, dénonce l'essentiel occasionalisme de la conscience en son éveil. La conscience de rationalité lie l'être pensant à soi-même dans l'exercice même de sa pensée. Comme nous le disions dans notre dernier livre, *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, nous sommes conscients de notre histoire intellectuelle jugée, dès que nous formons notre savoir le long d'un progrès de la connaissance scientifique. En particulier, nous gardons la marque de toutes les révolutions de culture que nous devons réaliser en assimilant le savoir scientifique moderne.

De toute manière, cette division des niveaux matériels, dont nous venons de donner l'ébauche, arrête toutes les conceptions philosophiques vagues où la matière recevait des caractérisations *générales*, comme par exemple dans le très court chapitre qu'Émile Boutroux consacre à la Matière dans son livre sur *La contingence des lois de la nature*. Il faut maintenant prendre la science de la matière dans sa pluralité, prendre la matière dans ses instances bien différenciées. Ce qui était pour le philosophe une preuve de contingence est devenu un champ de rationalités de mieux en mieux ordonnées, de plus en plus hiérarchisées.

Cette molle contingence par laquelle le philosophe défendait son système des sciences s'élimine dans l'examen précis des problèmes scientifiques. A chercher dans la réalité des preuves de contingence, il semble que le philosophe espère s'instruire devant le chaos, devant les phénomènes bruts, non débrouillés. Le philosophe perdrait ses illusions de sceptique, s'il participait non seulement à l'œuvre de mise en ordre des êtres de la matière, mais encore à cette création d'êtres nouveaux, création opérée sur des plans rationnels de mieux en mieux élaborés.

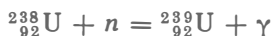
S'il fallait alors parler d'une contingence, il faudrait l'inscrire au compte de la contingence du génie humain, de la contingence des créations humaines. Mais cela déplacerait le débat et nous aurions à déterminer les conditions historiques et sociales qui déterminent le progrès du savoir humain. Pour l'instant, nous devons nous borner à montrer les progrès du rationalisme de la matière. Voyons l'activité de ce rationalisme à l'œuvre dans la création de nouveaux éléments.

VIII

Le problème de la transmutation des substances élémentaires, plus exactement le problème de la transmutation des noyaux, a pris depuis une décade une importance toute nouvelle du fait de la constitution de la famille transuraniennne. Il s'agit pour le technicien de *faire des noyaux*, des noyaux qui n'existent pas dans la nature. Nous allons donner la liste de ces éléments artificiels, non pas pour imposer au lecteur une surcharge empirique mais parce qu'on voit là le matérialisme ordonné devant une tâche de création et qu'il est très frappant de voir les problèmes s'amasser à mesure que la technique aborde une sorte d'instabilité radicale de la matière. Avec les éléments transuraniens, le matérialisme aborde une zone d'ontologie délicate, ontologie où se réunissent d'une manière paradoxale la fragilité et la puissance. Cette extré-

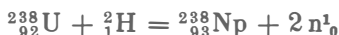
mité du matérialisme doit retenir l'attention du philosophe (1).

L'élément 93 est le Neptunium. Il a été créé par Mac Millan et Abelson suivant la réaction nucléaire :



le ${}^{239}_{92}\text{U}$ donnant par émission β le Neptunium ${}^{239}_{93}\text{Np}$. On connaît maintenant 7 isotopes du Neptunium. Mac Millan et Abelson ont étudié la *chimie* du Neptunium : « Ils ont exprimé l'hypothèse que l'Uranium et le Neptunium constituent les premiers termes d'une série d'éléments ayant des propriétés très voisines comme c'est le cas des terres rares dans la quatrième période » du tableau de Mendéléeff. Nous reviendrons sur cette hypothèse après la courte nomenclature des transuraniens.

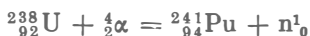
L'élément 94 est le plutonium. Il a été préparé par Seaborg, Mac Millan, Kennedy et Wahl en bombardant l'uranium par des deutons, suivant la réaction nucléaire :



le neptunium donnant ensuite le plutonium par émission β .

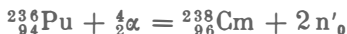
« Il n'est pas exclu que le plutonium existe en quantités extrêmement faibles dans la pechblende et dans la carnotite. » Les propriétés chimiques sont très proches de celles du neptunium.

L'élément 95 est l'Américium. Le premier isotope d'Am a été créé par Seaborg, James et Morgan suivant la réaction :



Le plutonium, par radio-activité β , donne alors l'Américium.

L'élément 96 est le Curium. Il a été créé par Seaborg, James et Ghiorso. Voici une des réactions nucléaires qui lui donne naissance :



Dans une conférence faite au Palais de la Découverte, en janvier 1951, Haïssinsky rappelle en outre la création des éléments suivants : 97 le Berkélium, 98 le Californium et 100 le Centurium. Manque donc le 99.

Sans doute, dans ces quelques pages, nous en avons dit trop ou trop peu sur ces nouveaux êtres matériels. Trop peu, car nous ne rendons pas compte de l'énorme machinerie qui produit ces êtres rares, non plus que de l'activité rationnelle de la cité scientifique au cours de si difficiles recherches. Cependant nous en

(1) Nous suivons à nouveau l'article de HAÏSSINSKY, *loc. cit.*, p. 672 et suiv.

avons trop dit au gré d'un lecteur philosophe qui estime aisément qu'il suffit d'évoquer l'existence d'*éléments transuraniens* pour rendre justice aux progrès de la science. Mais en se limitant ainsi à désigner les régions, on ne dépasse pas cette philosophie allusive qui finalement détourne des vrais problèmes.

En fait, dans cette région du transuranien, une polémique est ouverte qui est très propre à nous montrer la systématique en action. Il s'agit, en effet, de fixer la position des transuraniens dans le tableau de Mendéléeff. Dire qu'ils viennent *après* l'uranium ne suffit pas. Il faut les incorporer dans l'*ordre croisé* du tableau. Et cela n'est pas commode.

Deux thèses sont en présence.

L'une, celle de Seaborg, ressuscite « l'hypothèse qui avait déjà été formulée auparavant par divers auteurs, à savoir que l'actinium commence une nouvelle série de *terres rares*, les actinides, analogue à celle des lanthanides. On sait que la caractéristique fondamentale de ces derniers est la grande similitude de leurs propriétés chimiques, due au fait que les nouveaux électrons s'ajoutant aux atomes de la série se placent dans une couche profonde ». La couche externe, répétons-le, étant la couche comptable des phénomènes chimiques, elle serait semblable dans les différents transuraniens. Dans cette hypothèse dite des *actinides* semblables aux *lanthanides* on aurait la correspondance :

La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm

Mais ce parallélisme du matérialisme ordonné rencontre une opposition des chimistes. Haïssinsky formule son objection, fondée sur des raisons chimiques, d'une manière très philosophique (*loc. cit.*, p. 677). Il objecte qu'il est « nécessaire de considérer le problème du point de vue de l'évolution des propriétés de *tout* le système périodique et, particulièrement dans la région des éléments très lourds. Cet examen montre que les analogies dans les groupes ne sont pas toujours strictes et que les écarts, bien connus d'ailleurs, de la périodicité n'auraient pu être prévus ni par extrapolation, ni par la seule connaissance de la distribution électronique dans les couches ». Et Haïssinsky trouve l'assimilation des lanthanides et des actinides peu fondée au regard du système périodique qui doit rester, dit-il, une « classification essentiellement chimique ». Il envisage alors la deuxième thèse qui réunit les transuraniens sous le nom d'*uranides*.

On peut, dans cette vue, rapprocher les uranides des triades qui forment, dans le tableau de Mendéléeff modernisé, les éléments

de transition. Voici des arguments dans ce sens : « Comme les éléments des deux dernières triades, les uranides sont caractérisés par la multiplicité des valences. — La facilité de formation de complexes est une autre propriété que les transuraniens partagent avec les triades et qui les éloignent des terres rares (1). »

Et Haïssinsky conclut que les transuraniens constituent une série autonome avec ses caractères chimiques propres et que c'est comme telle qu'on doit la faire figurer dans le système périodique.

Nous n'avons donné qu'une bien faible portion des arguments qui se croisent dans un tel débat. Nous voulions simplement montrer que la discussion appelle à la collaboration les savants les plus divers. On ne peut plus dire que l'organisation d'une classification des corps simples qui pousse si loin ses enquêtes est une vue de l'esprit. Par le seul fait qu'elle est le fruit de la collaboration de tant d'esprits différents, d'esprits où se condensent une culture si rationalisée et si nettement vérifiée, la systématique des corps simples n'est pas une simple vue de l'esprit. Dans une telle presse des découvertes, il faut savoir ce que savent les autres pour pouvoir travailler utilement.

Le philosophe ne manquera pas de poser la question : la liste des transuraniens est-elle terminée avec le centurium ? Autant demander si les protons et les neutrons reconnaissent le système décimal ? Tout ce qu'on peut dire c'est que la courte histoire que les physiciens viennent de vivre durant ces deux derniers lustres incline à penser que le nombre cent sera dépassé. Du moins on ne voit aucune raison théorique ou expérimentale pour poser le centurium comme un élément de clôture définitive.

En somme jamais la prudence scientifique n'a été philosophiquement plus visible que dans ces domaines où l'enthousiasme des chercheurs amasse une si riche moisson de faits et d'idées. La science vient d'opérer manifestement un *dépassement d'ontologie*. Il serait sans doute possible de faire servir ce *dépassement ontologique* comme preuve du *dépassement* si souvent évoqué par certains philosophes. Mais les philosophes du *dépassement* souriraient si on leur proposait cette preuve. Ils vivent d'absolu, ils connaissent le *dépassement en soi*, comme d'autres écoles philosophiques connaissent la *chose en soi*. Ils ont le bénéfice de *preuves a priori*. Ils n'ont donc que faire d'une transcendance discursive qui s'avance degré par degré. Le matérialisme transuranien marche pas à pas. Un élément intermédiaire est-il sauté,

(1) « A partir du plutonium, tétravalent et trivalent on a en effet préparé un grand nombre de composés et de complexes organiques. »

le curium est-il connu avant l'américium, une progressivité régulière est bientôt rétablie.

Ainsi, en se remémorant les longs efforts de mise en ordre des substances élémentaires à partir des premiers travaux de Mendéléeff, en considérant leur achèvement dans la technique des éléments transuraniens, on peut bien dire que le rationnel et l'expérimental viennent ici coïncider. On tient vraiment la *raison* d'un ordre *réel* des substances élémentaires.

IX

En vue de simplifier notre exposé, nous avons séparé, d'une manière sans doute excessive, les facteurs d'organisation chimique et les facteurs d'organisation nucléaire. En fait, on a pu attribuer aux différents noyaux des *influences spectrales* bien déterminées. La structure hyperfine des spectres a été mise en rapport avec la pluralité des isotopes d'un même élément chimique (1). L'analyse spectrale est ainsi une sorte de domaine d'expérience mixte qui révèle les phénomènes généraux de l'énergie touchant le noyau, l'atome et la molécule. La spectroscopie est désormais la science matérialiste la plus générale, celle qui relie les phénomènes les plus divers si l'on considère la phénoménalité de premier aspect. La raison de cette généralité est bien simple : c'est parce que la spectroscopie est une *science de l'énergie* et que l'énergie est, dans toute la science contemporaine, un concept fondamental, le concept qui désigne le plus fondamentalement les phénomènes. Le matérialisme du spectroscopie est désormais plus étendu que le matérialisme de la balance.

Gamov et Critchfield confrontent les résultats de l'interprétation du spectre et du spectrographe de masse utilisé par Aston. Les intensités respectives des diverses raies hyperfines du mercure correspondent bien aux proportions des différents isotopes de cet élément chimique. Ainsi deux méthodes instrumentales aussi différentes que la spectroscopie et la méthode d'Aston convergent sur un même objet.

D'ailleurs le champ magnétique propre au noyau a une influence sur le spectre atomique livré par les électrons de la couronne. Cette influence est faible, elle pouvait être négligée dans les premières enquêtes. Mais la spectroscopie a une telle sensi-

(1) Cf. GAMOV et CRITCHFIELD, *Theory of atomic nucleus and nuclear energy-sources*, 3^e éd., 1949, Oxford, p. 18.

bilité, son interprétation théorique est si perfectionnée que la détermination des isotopes devient de plus en plus nette. On connaît alors les isotopes par deux de leurs caractères : leur masse (méthode d'Aston) et leurs niveaux d'énergie totale (énergie impliquant la référence au noyau et aux électrons de la périphérie atomique).

Ainsi, la science revient sans cesse sur ses premières affirmations. Il était utile, au début, de séparer les problèmes du noyau et les problèmes de l'atome. Mais, plus instruit et mieux outillé, le savant revise cette simplification. En science, toute simplification est provisoire.

Il en est de même avec l'affirmation qu'une périodicité n'est pas visible dans la systématique des noyaux. Cette affirmation est en voie de révision. Des courbes expérimentales (1) font apparaître une certaine périodicité des propriétés nucléaires. « Ces faits, disent Gamov et Critchfield (p. 30), mettent hors de doute que dans la structure nucléaire nous rencontrons la formation de couches nucléoniques saturées, semblables aux couches électroniques qui sont responsables de propriétés périodiques des atomes. »

Pour ces auteurs (p. 5) les noyaux d'hélium He^4 , de carbone C^{12} et d'oxygène O^{16} , etc., représentent des systèmes saturés de couches α , une couche α étant une combinaison de deux protons et de deux neutrons. Ce mot « couche » correspond-il à une « structure » au sens géométrique du mot ? Il est bien difficile de l'affirmer. Il traduit au moins une certaine cohérence dans l'organisation des noyaux. Au surplus, devant ce monde inconnu qu'est le domaine nucléaire, il faut bien employer le langage qui a si heureusement servi dans les premières recherches touchant le monde atomique.

On voit donc poindre un matérialisme ordonné fondé sur une organisation périodique des noyaux. Mais cette ordination est une tâche d'avenir. Un simple philosophe n'est pas assez instruit de l'état présent des problèmes pour en dégager les possibilités immédiates de solution. D'ailleurs, un chimiste aussi qualifié que Haüssinsky terminait en ces termes la conférence à laquelle nous avons emprunté plusieurs citations : « Le noyau attend son Mendéléeff. »

(1) Cf. fig. 7 et 8 du livre de GAMOV et CRITCHFIELD.

CHAPITRE IV

LE MATÉRIALISME COMPOSÉ

« Nous avons été capables de créer des formes bien avant de savoir créer des concepts. »

NIETZSCHE,
La Volonté de puissance,
trad. BIANQUIS, t. II, p. 320.

I

Les problèmes positifs posés par la composition des éléments, par le mélange des matières, sont difficiles à traiter philosophiquement pour la paradoxale raison qu'ils reçoivent des solutions faciles dans des philosophies simplistes. En cette occasion, comme souvent, le philosophe ne veut pas travailler, le philosophe ne veut même pas suivre le long et patient travail de la science de la matière, science qui, sans cesse, multiplie et ordonne les principes du matérialisme composé. Le philosophe veut juger au départ une science où l'expérience déborde sans cesse les thèses philosophiques. Les deux intuitions matérialistes extrêmes de la *fusion* et de la *juxtaposition* suffisent pour animer les polémiques des philosophes. Ces deux grands types de philosophie pensent, en quelque manière, l'un contre l'autre. Si un philosophe est partisan d'une doctrine du mélange intime, de la fusion des matières l'une dans l'autre, de la qualité indécomposable signe de la complexité profonde de toute matière, marque de tout être réel, il n'a que mépris ou ironie pour l'adversaire « scientiste » qui professe « l'atomisme » qui explique la composition par la simple juxtaposition. Dans l'autre direction polémique, si un philosophe voit tout sous l'angle de la géométrie, il dénonce comme simple affirmation verbale, les qualités occultes, les qualités qui s'exaltent dans de subtiles imprégnations, les fusions qui effacent toute discontinuité dans une continuité facile à professer, s'ouvrant à toutes les communions des esprits éloignés du travail des preuves objectives. Ainsi polarisé en ces deux pôles schématiques de la fusion et de la juxtaposition

position, le débat finit par manquer d'objets précis. Il n'est plus que le dialogue philosophique traditionnel entre deux philosophies inconciliables.

Et cette *perte d'objets précis*, si caractéristique des discussions générales, se produit en un temps où le matérialisme instruit multiplie les objets matériels intimement construits, en travaillant précisément dans une zone *intermédiaire* où les notions traditionnelles de forme et de matière viennent interférer en se déterminant l'une par l'autre dans des conditions épistémologiques complexes, conditions qui sont, de toute évidence, comptables de la réflexion philosophique.

En effet, l'histoire de la *représentation* des lois de la composition chimique depuis un siècle et demi doit suivre l'action d'une dialectique incessante qui traverse toute la chimie et qui va successivement de la forme à la matière et de la matière à la forme. Si l'on brutalise cette dialectique au point de la traduire comme la simple opposition aristotélicienne de la matière et de la forme ou comme une opposition bergsonienne de la fusion et de la juxtaposition, on lui enlève ses véritables nuances philosophiques. Ces nuances apparaissent dans la multiplicité des expressions qui sont utilisées pour traduire les faits du matérialisme composé. En effet, comme nous le verrons au cours de ce chapitre, de subtiles distinctions doivent être faites entre les notions de formule, de symbole, de schéma, de modèle, de structure, de représentation, de forme, de diagramme... Aucune de ces notions n'a exactement la même sphère d'applications ; il n'y a pas deux de ces termes qui soient absolument synonymes. Le philosophe qui mettrait ces nuances épistémologiques au point, qui les classerait, qui déterminerait leurs interférences, qui décrirait leur évolution historique, apporterait de curieux documents à une phénoménologie de la matière. Au fond, chacun des concepts que nous venons d'énumérer centralise un type de philosophie chimique, un type de philosophie de la matière.

Mais déterminer avec exactitude comment ces notions épistémologiques s'appliquent à la nature, comment, par conséquent, elles spécifient l'attitude phénoménologique du chimiste, voilà une tâche difficile parce que, sans cesse, au cours de l'histoire, se déplacent sur ces notions les coefficients de réalité. Dans les recherches des dernières années, le réalisme des *formes* intimes de la matière triomphe. On a maintenant des documents réalistes précis sur la forme des molécules. Mais ces documents réalistes ne sont pas *directs* ; ils ne se présentent pas au niveau de la connaissance commune ; il faut, pour bien situer cette réalité-là, rompre

avec la réalité commune. Et finalement le triomphe du réalisme dans ces profondeurs de l'être matériel est dû au succès de l'organisation rationnelle progressive du savoir, à l'institution d'un véritable rationalisme matérialiste.

D'ailleurs, on ne s'instruit pas en enregistrant purement et simplement les *résultats* de la pensée scientifique. Si l'on ne suit pas, dans ses étapes successives, la *réalisation* des formules, on ne peut guère estimer leur *poids de réalité*. Si l'on n'étudie pas, dans ses réformes successives, la représentation formelle des expériences sur la matière, on ne peut guère estimer leur valeur de *progrès rationnel*. Les progrès de la rationalité et les progrès de la réalisation se renforcent l'un l'autre. Le vrai réalisme et le vrai rationalisme sont l'un et l'autre, ensemble, terminaux.

Suivant la fatalité caractéristique du réalisme habituel, même dans la pensée scientifique, le réalisme apparaît *trop tôt*, il est scientifiquement prématuré, il est le signe d'une foi qui n'attend pas les preuves de sa conviction pour s'affirmer. Même quand une pensée réaliste s'affirme correctement, même quand l'expérience positive, longuement déroulée, finit par confirmer cette affirmation, il est nécessaire de traverser tous les temps de l'histoire du problème pour être sûr de voir le réalisme du réel où il est. Dans l'étude des formes moléculaires, il faut aller dans la région profonde des formes cachées pour bien désigner leur réalité matérialiste. Là jouent des forces peu connues qui font de toute forme un instant d'une évolution dynamique. Trop souvent, le philosophe transporte dans la conception de ces formes minuscules et vibrantes, que sont les formes de la molécule, les intuitions heureuses du monde des cristaux, la géométrie tranquille, stable, solide du cristal. Le philosophe pense alors à la forme de la molécule comme si elle était la forme d'un cristal minuscule. S'il est moins sollicité par les belles géométries cristallines, le philosophe évoquera les réalités platoniciennes, purs *modèles* pour des organisations abstraites. Mais cette référence à une philosophie majestueuse n'est plus guère qu'une formule de rhétorique philosophique ; elle a sa place dans un discours de congrès mais n'a aucune force explicative, aucune fonction d'enseignement. Ainsi, ni le réalisme immédiat, ni le réalisme platonicien ne peuvent servir à désigner, en chimie, la réalité moderne des formules, symboles, schémas, modèles, structures, représentations, formes, diagrammes... Il faut réaliser ces divers concepts dans l'actualité de leur contexte théorique. Le réalisme qui leur convient ne peut se déterminer qu'à un instant assez avancé dans le processus de recherche.

En particulier, faute de suivre l'évolution des différentes nuances de la représentation des faits chimiques, on donnera presque fatalement un poids philosophique excessif à la notion de *structure*. Nous verrons, par la suite, en étudiant la notion moderne de *mésomérie*, que la structure pensée réalistiquement est bien loin de suffire à l'explication des phénomènes et qu'elle ne saurait être, tout au plus, qu'un élément, entre d'autres, de l'explication des phénomènes. Prendre la structure des molécules pour le *résultat définitif* de la connaissance, voire comme *but* de la connaissance, c'est accepter comme moteur de la connaissance la simple dynamique de la *curiosité*. Cette simple curiosité qui veut savoir des choses « ce qu'elles sont » est naturellement une excitation indispensable au début de toute connaissance, mais elle ne suffit plus à caractériser le véritable intérêt pour l'expérience scientifique contemporaine. Sans doute la curiosité est un intérêt primaire qui reste une composante des intérêts beaucoup plus complexes du travail scientifique. Mais c'est un véritable défaut d'analyse psychologique que de maintenir cet intérêt *primaire* comme intérêt *fondamental*. Si donc on prend la « structure intime » d'un sel, d'un carbure, d'une amine comme simple objet de curiosité, on élémentarise l'épistémologie scientifique.

Mais on sentira mieux le sens de ces remarques épistémologiques quand nous suivrons la science chimique dans les thèses qui proposent, pour expliquer les phénomènes de certaines substances, des structures essentiellement multiples. Cette notion de *multi-structure* intime attachée à une substance bien caractérisée dans ses propriétés bien définies doit conduire philosophiquement à une complication réaliste toute nouvelle. Autrement dit, une substance, dans ces vues scientifiques qui rectifient l'unicité de structure, est définie par un ensemble parfois très nombreux d'*états structuraux*. On voit bien que de telles doctrines exigent du philosophe une révision de sa notion de structure.

D'ailleurs, puisqu'il s'agit désormais d'une science *constructive* de la matière, d'une science qui construit son objet, ses nouveaux objets, le réalisme se désigne comme le réalisme des objets d'une époque, comme un état historique de la science. Le *fondamental* peut fort bien se déplacer. Le matérialisme ordonné peut fort bien se réordonner. L'heure des classifications en espèces et en genres est révolue dès l'instant où l'activité constructive travaille sur des plans rationnels et multiplie les possibilités de création. L'ère de la technique ouverte est commencée dans le domaine même de la matière.

Une expression suggestive d'un chimiste fera, croyons-nous,

saisir cette dialectique de dépassement qui caractérise « la technique ouverte ». Dans une conférence faite sous le titre : Chimie minérale et chimie organique (1), Albert Portevin fait allusion, en ces termes, à une chimie organique fondée non plus sur le carbone comme la traditionnelle chimie organique, mais sur le silicium : « De même que, dans le domaine de la spéculation intellectuelle pure, les mathématiciens, après avoir étudié la géométrie naturelle de l'univers euclidien accessible à nos sens, ont imaginé ensuite des géométries non-euclidiennes, des hypergéométries, de même dans le domaine expérimental, les chimistes, après avoir réédifié, par synthèse, la chimie organique des dérivés du carbone existant dans la nature, créent maintenant, à son image, de nouvelles chimies organiques en remplaçant l'élément fondamental, le carbone, par son voisin, le silicium, qui sera suivi par d'autres, germanium, titane, zirconium, imaginant autant de nouvelles chimies *hyperorganiques*. » Sans doute l'expression de chimie hyperorganique comparée à l'expression de géométrie non-euclidienne peut surprendre. Elle est donnée dans une causerie où le savant détend sa pensée. Mais elle n'en donne pas moins une bonne mesure de la dialectique qui anime le matérialisme instruit. En première position, la chimie organique est une chimie du carbone. Pendant un siècle, elle est une chimie du carbone. Vient un temps où une chimie organique parallèle fondée sur le silicium fait son apparition. Si l'on réalise l'importance primordiale du carbone dans les matières vivantes, végétales et animales, que de pensées assaillent le philosophe quand on le fait rêver à une vie qui s'enracinerait sur une chimie organique du silicium ! Mais même en réfrénant de telles utopies, comment ne pas prendre conscience du caractère dialectique d'une chimie hyperorganique s'ébauchant en marge de la chimie organique ? Cette simple ébauche doit nous convaincre que l'intérêt de construire dépasse ici de beaucoup la curiosité de constater. Les problèmes ne peuvent plus maintenant se poser qu'en fonction des plans de construction possible des matières composées.

II

Si l'on réalise alors exactement les pensées du chimiste moderne quand il propose un modèle atomique ou moléculaire, on se rend compte que ce modèle est toujours situé à un point de l'histoire de la culture ; il est toujours présenté en parcourant un

(1) *Revue générale des Sciences*, 1951, nos 3 et 4.

préambule historique. Il est donné historiquement comme le terme d'une polémique théorique. Il doit donc garder un certain rapport avec la polémique antécédente. Toute affirmation philosophique dogmatique est dangereuse. Dans une science aussi vaste que la chimie, impossible de donner un absolu aux attitudes philosophiques. Les plus grands esprits s'y laissent prendre. Quand un philosophe perd de vue cet essentiel devenir épistémologique des connaissances dépassant la sphère sensible, il arrête l'histoire et durcit les formules. Ainsi lorsque Meyerson (1) dit que les chimistes et les physiciens tiennent l'atome comme un *petit solide*, il ne fait que saisir une opinion particulière entre beaucoup d'autres et une opinion qui a perdu ses essentielles *précautions oratoires*. C'est là une simplification d'enseignement, simplification à laquelle s'arrête bien vite le philosophe. Meyerson ajoute en note : « Il est à peine besoin de rappeler ici les spéculations sur le tétraèdre du carbone. » Or, cette note est, pour le moins, ambiguë. Les chimistes, dans leur ensemble, n'ont jamais prétendu que l'atome de carbone eût la forme d'un *petit solide tétraédrique*. Précisément, à l'occasion de cette « forme », on pourra voir la pensée scientifique prendre les *nuances* philosophiques que nous évoquions au début de ce chapitre. La formule solidifiée que retient Meyerson n'eût rien expliqué. Avec cette formule solidifiée, il eût fallu envisager une architecture de petits solides correspondant aux autres éléments qui vinssent, par des juxtapositions géométriques, rendre compte des constructions moléculaires. La chimie rétrograderait vers l'atomisme naïf. Elle se soumettrait aux intuitions simplistes de la juxtaposition. En fait, dans la chimie moderne, quand la géométrie sera utilisée, elle le sera sous le couvert de précautions explicites, dans une progressive géométrisation très prudemment exprimée, jamais dans l'absolu d'un dogmatisme réaliste définitif. Dès le départ, dès Kekulé, l'hypothèse du carbone tétraédrique n'a jamais dépassé l'affirmation que les *quatre* valences du carbone *en composition* étaient distribuées autour de l'atome central comme les sommets d'un tétraèdre sont distribués autour de son centre géométrique. Il n'y a rien là qui justifie la conception d'un « petit solide ». Le chosisme meyersonian, comme nous l'avons fait remarquer dans un ouvrage antérieur, va trop loin. Il solidarise trop la connaissance commune et la connaissance scientifique. L'hypothèse scientifique du « carbone tétraédrique » ne tend qu'à justifier des *synthèses* où des atomes d'autres éléments s'associent au carbone central dans 4 directions.

(1) Emile MEYERSON, *Identité et réalité*, 2^e éd., p. 68.

La notion de carbone tétraédrique implique cette quadruple orientation qui géométrise la quadrivalence du carbone — tout cela et rien que cela. Dire que l'atome de carbone *est* une petite pyramide, c'est donner une illustration pour une réalité, c'est un excès de philosophie réaliste. Au surplus, ce manque de nuance est bien typique de cet *enseignement par les uniques résultats*, enseignement qui nous prive de la conscience des problèmes et du déroulement historique de leurs difficiles solutions. Comment dans un enseignement ouvert — c'est-à-dire dans un enseignement véritable — détacher un *résultat* scientifique des méthodes qui y aboutissent et des problèmes qui en partent ? Le chosisme brise, au profit d'un empirisme inconditionné, le rationalisme actif dans toute recherche scientifique qui dépasse la simple description des données sensibles.

L'atome de carbone n'a pas la *forme* tétraédrique, ce n'est pas un petit polyèdre avec des faces et des arêtes, ce n'est pas vraiment une chose, une petite chose. Les figures des livres élémentaires sont, à cet égard, très trompeuses. Elles utilisent brutalement, grossièrement, faussement, la *notion de forme*. On opère là comme si la forme était un absolu, comme si la forme était palpable et visible, *objective à tous les égards*, comme si l'on pouvait la connaître par *description*. On se place en état de connaissance directe dans la plus indirecte des connaissances. On met à la base du savoir, des formes trop claires, des formes qui sont comprises trop vite. Avec des images naïves on donne des satisfactions à trop bon marché. Est-il convenable, comme le propose Maria Montessori dans une initiation de toute évidence prématurée à la chimie, de dire à des enfants que « le carbone a 4 bras » ? Sur la base de telles images, comment poserait-on les problèmes de leur interprétation ? Comment s'intéresserait-on à des problèmes quand on croit en connaître une solution aussi simple, quand on grossit à plaisir l'évidence simpliste d'une solution élémentaire ? Toute connaissance scientifique a une pénombre de difficultés. Il faut que la culture en porte trace. Les polémiques engagées à propos des formes moléculaires correspondent à des *objections qui doivent avoir été faites*, auxquelles on doit avoir répondu, auxquelles on doit toujours être prêt à savoir répondre. A ces objections s'attachent de véritables *théorèmes de culture* qui fixent les centres d'une historicité de la culture.

En somme, où est le centre d'intérêt pour le matérialisme instruit ? Est-ce de savoir quelle est la *forme* d'un atome ou bien de savoir comment cet atome s'engage dans une pluralité de

synthèses de plus en plus compliquées, comment, par exemple, en deuxième approximation, la synthèse suscite la forme, comment la synthèse, progressivement plus compliquée, déforme légèrement la forme qui expliquait la synthèse antécédente, de manière que finalement ce soit toujours la construction qui explique la structure ? Ou bien encore, pour poser le problème plus philosophiquement, souhaite-t-on une connaissance par réduction ou par production ? Dire avec Meyerson (*loc. cit.*, p. 67) : « L'atome, nous le sentons parfaitement, s'il doit expliquer quelque chose, doit être simple », c'est se déterminer pour un *idéal d'analyse* qui n'est finalement qu'un temps de la technique chimique. L'axe positif de la technique chimique moderne est bien plutôt dirigé du côté des *synthèses*, dans un mouvement dialectique qui institue sans cesse des synthèses nouvelles. On fait des analyses pour pouvoir faire des synthèses.

D'ailleurs, du fait même que dans les recherches de composition chimique, l'on puisse tenir pour *simple* ce qu'on sait être composé (tel est le cas pour les radicaux en chimie), on voit que la « simplicité » est affaire de point de vue et qu'il y a, dans une déclaration de « simplicité », une question d'opportunité, une question aussi de degré dans la constitution du savoir. Et cette déclaration doit toujours être surveillée, elle doit être attestée d'accord avec des expériences explicites. Une forme trop rapidement postulée entraîne parfois des simplifications abusives. Ainsi Liebig, après avoir dit que la combinaison du carbone et de l'azote qui donne le radical cyanogène joue le rôle d'un corps simple ajoute, sans preuves, que « les plus petites parties (de ce radical) possèdent la même forme que celles du chlore, du brome et de l'iode et (les) remplace dans leurs combinaisons sans faire éprouver aucun changement à la forme de cristallisation » (1). En fait, le radical cyanogène, dans certaines molécules, se met à la même place que les atomes de chlore, de brome, ou d'iode dans des molécules comparables. Mais se mettre à la même place n'entraîne pas avoir la même forme. La possibilité de substitution n'est pas nécessairement comptable d'un emboîtement exact. La géométrisation proposée par Liebig est donc bien trop rapide. Il faudra de nombreuses retouches pour lui enlever toute trace de caractère hypothétique et le développement de la chimie sera, dans ce domaine de la géométrisation de la molécule, une prise de conscience de la prise progressive des formes dans des édifices de plus en plus complexes. En particulier la totale assimilation du radical

(1) LIEBIG, *Lettres sur la chimie*, trad., 1845, p. 217.

cyanogène aux atomes halogènes appellera des rectifications (1).

Mais, pour bien montrer que l'attribution d'une forme intime est un problème délicat, nous devons attirer l'attention sur une sorte de *virtualité de la forme* bien propre à faire comprendre que la *forme* d'un composé est sous la dépendance des *forces* de composition. Même après les réserves que nous avons faites sur la « tétraédricité du carbone », on irait déjà trop loin en disant que les 4 valences du carbone sont *distribuées tétraédriquement* avant d'être effectivement satisfaites par une combinaison avec d'autres atomes. Non seulement l'atome de carbone ne *possède* pas la forme d'un tétraèdre mais dans sa solitude, dans son *être propre*, il n'a pas la potentialité de distribution *exacte* des valences, avec les angles indiqués dans la géométrie du tétraèdre. Cette distribution angulaire des valences dépend des autres atomes (ou groupes d'atomes) qui sont offerts à l'atome de carbone pour constituer une molécule chimique. Dans une conférence faite en 1924 devant un public de chimistes, conférence où il relatait l'histoire de la théorie du carbone asymétrique, le chimiste Delépine disait : « Je ne voudrais pas vous laisser l'impression que les chimistes s'imaginent que la forme du carbone est limitée par un tétraèdre, régulier ou non. Il ne s'agit que d'une représentation commode. Le Bel et bien d'autres, comme Werner, considèrent que l'atome exerce une action centrale, qui n'a nul besoin d'être orientée dans son essence ; ce qui l'oriente, c'est la nature des radicaux qui entrent dans sa zone d'action. »

Sans doute, dans le cas du méthane où 4 atomes d'hydrogène se combinent à l'atome de carbone, le principe de raison suffisante conduit à affirmer *a priori* la distribution tétraédrique régulière. On a alors, entre les diverses liaisons reliant l'atome central de carbone aux 4 atomes d'hydrogène, l'angle de $109^{\circ} 28'$, caractéristique du tétraèdre régulier.

Cependant, la chimie quantique remettra en question — nous le verrons par la suite — cette distribution géométrique. Il faudra à la chimie quantique de longs efforts pour retrouver cet angle caractéristique de $109^{\circ} 28'$. Sur ce point, la chimie quantique commence par mettre en échec la présente inférence fondée sur le principe de raison suffisante. En cette occasion, on aura une preuve sur laquelle nous attirons dès maintenant l'attention du philosophe, une preuve que le principe de raison suffisante ne peut

(1) Georges CHAMPETIER (*Les éléments de la chimie*, p. 168) dit que l'acide cyanhydrique peut être représenté sous deux formes « suivant qu'il est engagé dans le cyanure de potassium ou le cyanure d'argent ».

s'énoncer dans l'absolu et qu'il est, lui aussi, relatif, relatif à un corps de raisons. La chimie quantique nous apparaîtra comme un nouveau corps de raisons, comme un nouveau domaine de rationalité. Nous serons ainsi ramenés à la nécessité, pour suivre les progrès du matérialisme instruit, de ne pas nous arrêter à un moment de son histoire.

Mais sans aborder encore ce point d'histoire, ce moment révolutionnaire qu'est la chimie quantique, nous avons assez d'éléments pour conclure au rejet de tout *solidisme* des formes, pour refuser une doctrine qui pose une intuition du réel *définitive* dans une science éminemment constructive, réclamant sans cesse une sorte de ré-intuition pour voir dans un éclaircissement nouveau les édifices nouvellement construits.

Alors les schémas qui résument la science du chimiste posent à leur tour des problèmes ; ils sont des instants intermédiaires entre le passé vérifié et les tentatives de création. Nous entrons ainsi dans l'aire des complications expérimentales, dans l'ère féconde du *réalisme critiqué*, au centre même d'un rationalisme appliqué.

Bien entendu, l'attitude sceptique, si fréquente chez les philosophes à l'égard des schémas de la chimie, n'est pas moins inadéquate aux valeurs épistémologiques effectives qu'une attitude trop rapidement tranquillisée par la géométrie naïve des substances. Cette attitude sceptique, qui croit survoler la science, est peut-être même une plus nette *démission de culture* que l'adhésion naïve à des vues réalistes inconditionnées. En effet, pour une épistémologie précise qui ne laisse rien échapper des caractères de la connaissance, reste toujours le fait que les schémas proposés par la science de notre temps ne sont pas de simples schémas personnels. Ils ne sont pas de simples tableaux synoptiques qui résument, sur un point particulier bien défini, l'histoire d'une culture personnelle. Ils sont des valeurs d'enseignement bien caractéristiques de la science d'une époque. Ils déterminent nettement le point de progrès atteint par une science qui a déjà subi de nombreuses rectifications. Dans la science moderne un schéma vient après un autre ; il s'offre comme *meilleur* qu'un autre, comme plus adéquat et à la fois comme plus suggestif. Il semble qu'entre les schémas rationnels et les connaissances empiriques, les oscillations se fassent de plus en plus près d'un centre commun où théoriciens et expérimentateurs approchent de l'unisson. De toute façon, les schémas qui exposent les compositions chimiques sont des thèmes de confiance réciproque, de confiance discutée, entre les divers savants compétents d'une même époque.

Les savants sont souvent, dans cette occasion, plus prudents

que leurs commentateurs philosophes. Ils savent se tenir en une position moyenne entre la philosophie réaliste et la philosophie sceptique. Grimaux dit justement au nom des chimistes atomistes (1) : « Nul de nous ne s'imagine, avec des figures tracées dans un plan, déterminer la place réelle des atomes dans l'espace ; mais en nous indiquant le rapport des atomes entre eux, ces formules nous rappellent ces réactions elles-mêmes. » Mais cet état de chose correspond à un temps particulier du développement du savoir. Grimaux continue (p. 146) : tenir ces représentations comme immuables « ce serait faire preuve de peu d'esprit philosophique, méconnaître la transformation continuelle des théories, ces instruments nécessaires de la science, modifiés incessamment par les découvertes nouvelles ». Ce texte, déjà ancien, dit bien la conscience d'historicité qui accompagne la pensée scientifique d'un bon travailleur. Nous sommes loin du dogmatisme qu'on prête bien légèrement aux savants.

Parfois un savant impatienté par les affirmations d'un réalisme excessif est pris d'un zèle d'iconoclaste. Dans son *Traité de chimie générale* (p. 98), Georges Urbain n'hésite pas à écrire : « Le tétraèdre a juste le genre d'intérêt que l'on accorde dans les représentations astronomiques aux traits reliant les étoiles d'une même constellation. » Par la suite (p. 113), dans une occasion similaire, Urbain parle de *romanlisme*. Et là on sent bien que la polémique quitte le ton scientifique. Ainsi la science reçoit parfois une tonalité polémique en quelque manière exogène qui trouble le jeu des vraies valeurs épistémologiques. Sans doute le tissu des hypothèses et des faits peut être plus ou moins serré. Mais on ne gagne rien, dans une culture, à dénoncer sans cesse le *caractère hypothétique des hypothèses*, non plus qu'à se limiter à une affirmation inconditionnée sur la réalité des faits. Il faut que le problème de l'interprétation des faits soit toujours ouvert. Et tous les essais d'interprétation doivent laisser une trace dans la culture.

En effet, du seul fait de l'activité constructive de la chimie moderne, bien des schémas déclassés restent utiles comme échafaudages. La *modernité* est le fruit d'une longue *maturité*. C'est moins un fait qu'une valeur. Aussi est-il difficile de s'établir dans la modernité de tous les éléments d'une culture scientifique moderne. La chimie, épistémologiquement parlant, n'est pas, dans toutes ses parties, au même point de maturation réalistique. Il faut donc sans cesse faire le point pour déterminer la profondeur

(1) GRIMAUX, *Introduction à l'étude de la chimie : théories et notations chimiques*, 1883, p. 145.

d'engagement dans le réel des différents symboles et schémas, rencontrés en chimie dans les perspectives théoriques les plus diverses. Essayons de donner à ce problème de l'application des symboles toute son atmosphère philosophique.

III

L'esprit scientifique moderne réalise un juste dosage de prudence et d'audace ; il est sans cesse animé par une sorte de dialectique de l'invention et de la réflexion. A propos de n'importe quelle notion fondamentale, on doit admirer avec quel tact, avec quelle mesure cette notion est, en certaines occasions, remise en question. Elle a sans doute une sorte de préséance, mais il lui faut toujours faire preuve de valeur opératoire. Il semble que le savoir scientifique acquis soit toujours essayé, toujours contrôlé, toujours critiqué. Un peu de doute potentiel reste toujours en réserve dans les notions scientifiques que le philosophe tient trop simplement comme dogmatiques. Ce *doute potentiel* est bien différent du *doute préalable* cartésien. On ne l'élimine pas par une expérience réussie. Il pourra renaître, s'actualiser quand une autre expérience est rencontrée. Et, précisément, à la différence de la connaissance commune, la connaissance scientifique est faite de la rencontre d'expériences nouvelles ; elle prend son dynamisme de la provocation d'expériences qui débordent le champ d'expériences anciennes. On n'est donc jamais sûr que ce qui fut *fondamental* le restera. Le dogmatisme scientifique est un dogmatisme qui s'émousse. Il peut trancher un débat actuel et cependant être un embarras quand l'expérience enjoint de « remettre en question » une notion. Tout savoir scientifique est ainsi soumis à une auto-critique. On ne s'instruit, dans les sciences modernes, qu'en critiquant sans cesse son propre savoir. Souvent une acquisition nouvelle provoque des rectifications récurrentes qui peuvent remonter jusqu'aux notions de base. C'est pourquoi un enseignement élémentaire, en donnant, pour la vie, une notion scientifique *qu'on n'applique pas*, une notion qui est un *fossile de la mémoire*, conduit à méconnaître cette dialectique vivante de rationalisme et de réalisation qui est la dynamique même de la pensée scientifique. Dans la science active il faut que les notions s'appliquent un peu différemment des applications antérieures. C'est là le sens même du rationalisme appliqué.

Confrontons ces remarques philosophiques générales avec les différents aspects que la notion de *valence chimique* a pris au

cours de l'histoire et essayons, en particulier, de distinguer les nuances philosophiques dispersées entre les valeurs rationnelles et les valeurs réalistes.

En gros, tout le long du xix^e siècle, les arguments se sont croisés entre les partisans de la *valence invariable* (en particulier Kekulé) et les partisans de la *valence variable* suivant certaines circonstances (Wurtz, Frankland).

Et l'on peut analyser cette dualité dans l'ordre des raisons et dans l'ordre des faits. Par exemple, on peut prendre l'attribution de la quadrivalence du carbone comme le postulat fondamental de la chimie organique et faire ainsi de ce *fait* une sorte de principe architectonique qui organise ce large secteur du matérialisme instruit qu'est la chimie organique. On détermine ainsi un véritable rationalisme régional du carbone. Georges Champetier caractérise clairement ce temps de la philosophie chimique où « les chimistes organiciens avaient été amenés à considérer la quadrivalence du carbone comme un postulat » (1). Le mot *postulat* n'est pas ici un mot employé à la légère : la quadrivalence du carbone a joué vraiment, à une période déterminée de l'histoire de la chimie, le rôle d'un *a priori* de la recherche en chimie organique. Et effectivement le nombre des faits expliqués par le postulat de la quadrivalence du carbone est considérable. Actuellement encore, on ne conçoit guère un enseignement qui, dans une première partie de la culture, ne restituerait pas un véritable dogmatisme de la quadrivalence du carbone. Il y a donc, sur ce problème précis, de nombreux arguments, tant rationnels qu'empiriques, pour affirmer le caractère invariable de la valence.

Mais l'expérience chimique affinée va présenter des faits — ou des interprétations de faits — qui dérogent au « postulat » de la quadrivalence du carbone et un *dialogue d'objections* va se développer qui est la dialectique même du progrès scientifique.

Donnons un rapide schéma de ce dialogue d'objections :

« Au postulat de la quadrivalence du carbone, on peut objecter des cas où il serait plus juste de parler de trivalence. La chimie organique ne se sert-elle pas, dans maintes occasions, du « radical » méthyl CH^3 ?

— Pauvre objection ! Car pour la chimie élémentaire un radical est une forme intermédiaire qu'on ne peut isoler. Le radical méthyl garde précisément une valence disponible qui est aussitôt utilisée dans une combinaison.

(1) Georges CHAMPETIER, *Les éléments de la chimie*, p. 154.

— Mais cependant Paneth prépare à l'état libre plusieurs radicaux libres, en particulier le méthyl.

— A vrai dire, le méthyl à l'état libre a une « vie très courte », une vie de quelques millièmes de seconde. Va-t-on déranger la doctrine de la quadrivalence pour si peu ? Va-t-on troubler le matérialisme bien codifié par des considérations sur des états éphémères, sur des états essentiellement intermédiaires entre le début et la fin d'une réaction ? Le résultat *final* n'est-il pas le seul instructif ? Ne correspond-il pas à la nette téléologie de la technique ?

— Mais précisément, la chimie atteint un tel degré de précision qu'il lui faut étudier ce qu'on peut en quelque manière appeler « la trajectoire d'une réaction ». Les états intermédiaires font comprendre plus clairement les réactions. Le rationalisme de la chimie n'a rien à gagner à des simplifications. »

D'ailleurs une nouvelle notion doit être étroitement attachée à la notion de structure : c'est la notion de *stabilité*. Or « la stabilité des dérivés du carbone trivalent augmente avec la masse des groupements portés par l'atome de carbone ». Ainsi le triphénylméthyl $(C_6H_5)_3C$ est plus stable que le méthyl CH_3 . La substitution du radical C_6H_5 à l'atome H a donné pour ainsi dire du corps à la trivalence du carbone. C'en est au point que le triphénylméthyl $(C_6H_5)_3C$ coexiste en équilibre avec son dimère l'hexaphényléthane : $(C_6H_5)_3C - C(C_6H_5)_3$.

Cette simple remarque est grosse d'enseignements. Elle montre une sorte de pluralité d'états caractéristiques. Dans $(C_6H_5)_3C$, le carbone est trivalent ; dans $(C_6H_5)_3C - C(C_6H_5)_3$, le carbone est quadrivalent. Et les deux états peuvent exister simultanément. Ils sont en équilibre, c'est-à-dire qu'il se brise autant de molécules d'hexaphényléthane pour donner des molécules de triphénylméthyl qu'il s'en reconstitue en sens inverse. Nous voyons ici ces réactions réciproques jouer au niveau d'une caractéristique précise que nous tenions, en première culture, comme fondamentale : il nous faut envisager des passages entre la valence 4 et la valence 3 du carbone.

Il y a là une sorte d'usure de l'absolu des notions premières qu'on pourrait rapprocher du déclin des absolus envisagé par le mathématicien Georges Bouligand. Champetier peut conclure en ces termes le débat que nous avons résumé : après un long service, il semble que la notion de valence apparaisse « comme une notion assez artificielle dont la nécessité ne se fait plus absolument sentir ». Cette notion de valence est, en quelque manière, bordée par les notions plus nettes d'électrovalence et de coordinence. Avant de rejeter au passé de la science la notion de valence,

Champetier ajoute (*loc. cit.*, p. 157) : cette notion est d'autant moins utile que « bien souvent, dans ces dernières années, la valence a pris, à tort, le sens de force de liaison ». En fait, la notion de force a toujours contaminé la notion de liaison. Et il faut un grand effort de culture pour débarrasser les doctrines moléculaires des images dynamiques mal appropriées. Il semble qu'il faille dériver les « forces chimiques » de quelque chose de moins ponctuel, de moins central, de moins enraciné dans les profondeurs et les ténèbres de la substance. En fait la molécule est un ensemble complexe d'atomes eux-mêmes complexes. On ne remonte pas pour en étudier le dynamisme à la définition principielle de la *force* comme le produit d'une *masse* par une *accélération*. Il faudra prendre la notion dans un domaine rationnel plus évolué. Nous reviendrons, dans un chapitre ultérieur, sur la notion de liaison chimique. Il apparaîtra alors nettement qu'une petite flèche, symbole de la force élémentaire, n'est pas suffisante pour étudier cette région dynamisée qu'est l'intérieur de la molécule.

Naturellement, tout inappropriée qu'elle soit pour traiter les problèmes actuels que posent la structure et la dynamique moléculaires, la notion de valence figure dans les ouvrages les plus divers. Mais nous savons désormais que le chimiste s'en sert *avec des réserves*, avec des réserves tacites ou explicites. Et cet emploi, avec des réserves, de notions fondamentales est une nuance philosophique qui échappe souvent au philosophe. Le philosophe n'entre pas dans les replis de ce conceptualisme mitigé ; il est plus logicien qu'il ne le croit ; il ne sait pas, il ne sent pas que dans une culture scientifique les concepts gardent trace de leur historicité et que, suivant le degré de culture où l'on écrit des livres scientifiques, on ramène les concepts plus ou moins près de leur signification de départ. Le philosophe ne sait pas que les livres de chimie sont des livres vivants. Cette réserve touchant l'absolu des notions, cette prudence à l'application dans des cas particuliers, ce besoin de surveiller les notions générales trop tôt agencées sur des situations simplificatives, voilà autant de signes de ce doute potentiel subsistant tout le long d'une culture scientifique, de ce doute qui renaît à tous les moments importants d'un rationalisme appliqué.

IV

Pour donner une mesure rapide de la pluralité des raisons qui peuvent expliquer les structures chimiques, indiquons une ébauche des principes différents de l'électrovalence et de la covalence, les deux notions qui doivent être substituées à la notion tradition-

nelle de valence et qui divisent, en quelque manière, l'organisation rationaliste de la chimie en deux domaines de rationalité.

Prenons d'abord la notion d'électrovalence.

Il est très facile de faire apparaître l'*objet électrique* caché dans la molécule chimique. Il suffit de mettre un peu de sel de cuisine dans l'eau. L'eau pure qui était un corps non conducteur d'électricité, c'est-à-dire sans réaction à un champ électrique, devient un conducteur de l'électricité. Si l'on plonge dans cette eau salée deux électrodes à des potentiels électriques différents, les phénomènes de l'électrolyse étudiés voici plus d'un siècle par Faraday, se produisent. Chimiquement, par la seule dissolution, les molécules de sel marin se sont dissociées, chaque molécule de NaCl donnant un ion sodium Na^+ qui est chargé d'électricité positive et un ion Cl^- qui est chargé d'électricité négative. Nous exprimons tout de suite les phénomènes dans le langage de l'atomisme sans nous astreindre à développer la longue histoire par laquelle l'interprétation des lois de Faraday a précisément contribué à l'établissement de la chimie atomique. Aussi bien, les problèmes de la *structure* de la molécule qui nous occupent présentement ne pouvaient guère se poser tant que la molécule était donnée plutôt comme une hypothèse que comme une réalité manifeste. Nous avons insisté sur l'évolution de ce problème, allant de l'hypothèse à la réalité dans notre livre : *Les intuitions atomistiques*.

Mais il faut encore que nous brusquions l'histoire pour accéder rapidement à la *structure électrique* de la molécule. Il nous faut en effet, sans plus de commentaires, passer de l'information *électrique* à l'information *électronique*. On sait bien, en effet, que pour la pensée contemporaine, on explique les diverses charges électriques d'un atome ou d'une molécule comme la présence d'un nombre plus ou moins grand d'*électrons*. Bref la molécule chimique est définie par une *structure électronique*, par une distribution plus ou moins rigoureusement géométrique des électrons dans les régions atomiques et moléculaires.

Rappelons donc simplement que pour l'atome de sodium et pour l'atome de chlore, les électrons sont distribués dans les 3 couches désignées par les lettres K, L, M de la manière suivante :

Na	2 sur K	8 sur L	1 sur M
Cl	2 sur K	8 sur L	7 sur M

Les ions de ces deux atomes correspondent à la distribution d'électrons suivante :

Na^+	2 sur K	8 sur L	
Cl^-	2 sur K	8 sur L	8 sur M

Ces ions que la dissolution de la molécule NaCl dans l'eau a mobilisés et qui pourront dans la cuve électrolytique être séparés par l'action d'un champ électrique intense sont, dans la molécule, unis par l'attraction coulombienne. La molécule de NaCl, qu'on peut écrire $\text{Na}^+ \text{Cl}^-$ peut ainsi nous servir de type pour les liaisons électriquement *hétéropolaires*. L'union des deux atomes Na et Cl est une liaison *ionique* ; cette union a lieu par *électrovalence*.

Si l'on compare la distribution électronique des atomes neutres à celle des atomes ionisés, on voit tout de suite que l'ionisation s'est faite par le déplacement d'un électron de l'atome de sodium à l'atome de chlore. Ce déplacement a complété à 8 la couche la plus extérieure M du chlore et a mis à nu la couche L du sodium avec ses 8 électrons.

C'est là un comportement général. Parfois il faut un déplacement de deux électrons pour que les couches extérieures des deux atomes qui s'unissent par électrovalence soient l'une et l'autre amenées à 8 électrons. Dans ce cas, les deux atomes sont bivalents, plus exactement, ils ont une électrovalence deux. Et ainsi de suite. On voit donc ici en action l'explication électrique moderne, plus exactement une explication électronique des valences chimiques.

Rappelons que la structure électronique des gaz rares (argon, néon, krypton...) comporte une couche externe de 8 électrons. Les atomes des gaz rares sont en quelque manière fermés électroniquement sur eux-mêmes. La chimie élémentaire les donne comme *inertes* chimiquement parlant, comme incapables de produire des phénomènes chimiques, d'entrer en composition avec d'autres éléments. Chimiquement parlant, on pourrait dire que le gaz rare est le *minus habens* de la chimie. Et, cependant, inerte comme cause efficiente, le gaz rare fournit le *modèle* de la construction électronique stable. Un philosophe qui oserait platoniser parlerait volontiers d'un finalisme du huit, d'une octo-causalité finaliste.

En tout cas, pour rendre compte de la formation d'une molécule hétéropolaire, on décompose cette formation en deux temps : d'abord, déplacement d'un ou de plusieurs électrons pour que les deux atomes comportent l'un et l'autre des couches externes de 8 électrons. Ensuite, comme ce déplacement a créé d'un côté une charge électrique positive, de l'autre une charge électrique négative, on attribue la cohésion de la molécule à l'attraction mutuelle des deux ions.

Passons maintenant aux liaisons par covalence où nous allons voir fonctionner autrement l'octo-causalité.

Il y a en effet d'autres cas où deux atomes peuvent compléter

à 8 leur couche extérieure d'électrons sans passer par une structure ionique. C'est ce qui se passe en particulier pour les liaisons dites *homéopolaires*. Voyons, par exemple, comment on peut expliquer *électroniquement* la formation de la molécule de chlore, formation résumée dans les livres de débutants par la simple formule :

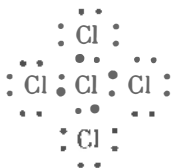


Pour que l'un et l'autre des atomes de chlore soient entourés d'une couronne extérieure de 8 électrons, il suffit qu'ils mettent l'un et l'autre en commun un électron. En représentant par des gros points les électrons d'un atome et par de petits points les électrons de l'autre atome, nous aurons pour la molécule de chlore le *schéma électronique* suivant :



Ainsi, sans mettre en jeu des forces électriques classiques (attraction de deux électricités contraires) on obtient une explication de la liaison intervenant entre deux atomes d'un même corps simple. Ce sont de telles liaisons qu'on appelle *covalentes* ou *homéopolaires*. On voit que les deux atomes interviennent dans une symétrie absolue. Notons au passage qu'on ne pouvait pas légitimer avec des principes électriques dans la chimie classique la constitution d'une molécule comme celle de chlore.

Ce type de structure électronique par covalence comprend bien d'autres exemples touchant des molécules plus compliquées et qui n'ont pas la simple symétrie substantielle de la molécule de chlore. Donnons par exemple le schéma électronique du tétrachlorure de carbone CCl_4 où toutes les liaisons se font par covalence. (Les 4 électrons périphériques du carbone sont représentés par des gros points, ceux des atomes de chlore par des petits points) :



Cette molécule, où se manifestent 5 groupements de 8 électrons, 5 *octets*, est très stable. En fait, le tétrachlorure de carbone est, dit Champetier, relativement inerte du point de vue chimique.

Une telle molécule illustre donc, à certains égards, le *modèle électronique* présenté par les atomes des gaz rares.

Comme on le reconnaît sur les schémas ci-dessus, l'union des octets entre eux se fait par le rapprochement de deux électrons. Par la suite, nous aurons à revenir sur cette union par deux électrons voisins. Il faudra les ressources de la chimie quantique pour comprendre cette pariade (pariade qui ne peut se faire qu'entre électrons de spins contraires). La substitution de la *paire d'électrons* au trait d'union de valence a été proposée en 1916 par G. N. Lewis. Le « fameux article de Lewis » dit justement G.-A. Coulson (1) est une date historique dans le développement de la chimie.

Le philosophe a perdu le goût d'enregistrer les dates historiques de la science. Il y en a trop ; elles se pressent à une cadence accélérée, au point qu'il se fait plus d'histoire en dix ans qu'il ne s'en faisait en cent ans voici quelques siècles. Faute de prendre la mesure des révolutions scientifiques, le philosophe croit encore au développement régulier des connaissances, il ne veut pas voir la rupture sans cesse plus profonde entre la connaissance commune et la connaissance scientifique. S'il participait davantage au travail acharné des spécialistes, il comprendrait que ce n'est pas par une clause de style qu'un grand chimiste comme Coulson rend hommage à la vue géniale de son devancier. Un chimiste au travail — et ce travail implique réflexion théorique et activité expérimentale — a conscience de la modernité des concepts de la science ; il part du point révolutif où le concept quitte le sens commun pour prendre le sens scientifique. Ce sens scientifique, le chimiste le prend dans la signification adéquate à l'application présente. Suivant les applications, un concept scientifique peut alors être pris dans un sens un peu plus ancien ou un peu plus moderne. Le savant a donc à sa disposition une certaine historicité du concept, ce qui lui permet des emplois tour à tour élémentaires, moins élémentaires ou plus évolués. C'est pourquoi une sorte de polyphonie est seule propre à rendre compte du langage de la science moderne.

Le philosophe ne peut naturellement pas entrer dans l'analyse complexe de cette polyphonie, de ce multiconceptualisme. Condamné que nous sommes nous-même à rester dans une étude superficielle, nous pouvons à peine donner une ébauche de toutes les vues théoriques qui s'organisent pour faire comprendre les

(1) G.-A. COULSON, Liaisons localisées et non localisées, apud *La liaison chimique*, p. 12, Paris, C. N. R. S., 1950.

phénomènes de la molécule. A peine avons-nous fait une première distinction qu'il faut la rectifier, qu'il faut la nuancer pour rendre justice à l'esprit de finesse si actif dans le nouvel esprit scientifique. Ainsi, nous venons de distinguer les notions d'électrovalence et de covalence. Mais nous donnerions une bien fausse idée de la complexité des problèmes si nous bloquions toutes les recherches sur les deux termes de cette alternative. En fait, les deux notions de covalence et d'électrovalence vont travailler dans une zone moyenne en une incessante dialectique : *il y a des formules mixtes*. Donnons un seul exemple qui touche un corps qu'on cite souvent dans les livres de chimie élémentaire pour faire comprendre ce qu'est un radical en chimie : le chlorure d'ammonium. Il se produit bien facilement quand les deux vapeurs d'ammoniaque et d'acide chlorhydrique se mélangent. Il suffit d'ouvrir les deux flacons l'un près de l'autre contenant les dissolutions des deux corps pour que le chlorure d'ammonium apparaisse en une fumée blanchâtre. Et la formule élémentaire de la réaction est vite écrite :

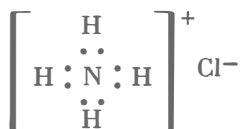


On va voir que dans la chimie actuelle, cette formule doit être développée en associant la covalence et l'électrovalence.

L'azote ayant 5 électrons périphériques (représentés par les gros points) pourra, par covalence, être associé à 3 atomes d'hydrogène ayant chacun un électron (petits points). L'ammoniaque NH^3 aura donc le symbole en octet :



Mais il reste un doublet d'électrons non partagés, le doublet que nous indiquons au bas du symbole. Si l'on fait agir sur l'ammoniac, l'acide chlorhydrique, composé hétéropolaire $\text{H}^+ \text{Cl}^-$, l'ion H^+ qui n'a plus d'électron viendra se souder, par covalence, à la molécule d'ammoniac. On aura alors une molécule d'ammonium qui garde pour elle, considérée dans son ensemble, une charge positive, laquelle permettra une liaison ionique avec l'ion négatif du chlore Cl^- . On aura alors le schéma complexe :



Les cas ne sont naturellement pas toujours aussi nets. Dans des formules plus compliquées, il faut souvent de nombreuses expériences et de nombreuses retouches théoriques pour déterminer la part qui revient dans la constitution d'une formule moléculaire à la covalence et à l'électrovalence. De ce fait, la chimie est entrée dans un immense champ de recherches où les principes de l'explication doivent, sans fin, être repensés.

Jadis, la préchimie se donnait pour principale tâche d'étudier les « mixtes », les *mélanges* matériels. Il est curieux de voir la science contemporaine à l'étude de véritables *mixtes de théories*. C'est vraiment dans cette coopération de principes théoriques que se manifeste l'intense activité dialectique qui caractérise la science contemporaine.

Ce « mixte de théories » détermine un curieux *mixte de symboles* qui mérite, croyons-nous, d'attirer l'attention du philosophe. Le travail du symbolisme dont nous voulons parler touche le trait d'union que la chimie élémentaire a rendu familier en le plaçant dans toutes les formules développées pour indiquer les valences échangées, comme, par exemple, dans la formule développée de la molécule d'eau :



D'abord, puisque nous devons distinguer désormais l'électrovalence et la covalence, il faut que le symbolisme se scinde. Pour indiquer les électrovalences, on se servira des signes + et —, qui reçoivent une signification électrique, l'anion aura le signe + et le cation le signe —. Ainsi, pour expliciter le caractère hétéropolaire de l'acide chlorhydrique, nous venons de l'écrire $\text{H}^+ \text{Cl}^-$. Des anions ayant deux électrovalences auront non pas un mais deux signes + en exposant. Ces anions devront, dans une molécule à caractère hétéropolaire, être associés à des cations portant deux signes — en exposant.

Mais comment représenter la covalence ? Le tiret qui garde un arrière-sens de force de liaison doit, semble-t-il, être écarté. Nous avons dit que la covalence était due à la pariade de deux électrons. Il est donc tout à fait naturel de représenter une union de covalence par deux points. Donc, à la place du tiret horizontal, on prendra comme symbole, dans le cas de la covalence, deux points rangés verticalement. Au lieu du traditionnel signe chimique (—), on aura donc le signe électronique (:) et la formule de l'eau développée électroniquement deviendra :



car dans la molécule d'eau, les liaisons sont des liaisons covalentes.

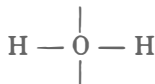
C'est ici qu'entre en action une dialectique si rapide et si fine qu'on pourrait en méconnaître la valeur. Cette dialectique articule cependant deux périodes différentes de l'histoire de la chimie ; elle avalise, dans le symbolisme même, la « date historique » que nous soulignons plus haut avec G.-A. Coulson. Cette dialectique, un instant déconcertante comme toute grande dialectique, consiste à garder le tiret en lui donnant la signification des deux points électroniques.

Voici une courte histoire de ce changement de ponctuation matérialiste.

C'est le grand chimiste R. Robinson qui a proposé de réinstaller le tiret en lui donnant une signification électronique (1). Bernard Eistert présente ce déplacement de signification symbolique en ces termes (2) : « Le trait ne symbolise pas seulement un rapport abstrait de valence entre deux atomes, mais un rapport tout à fait concret, à savoir la participation commune de deux atomes à deux électrons. Et on peut faire un pas encore plus décisif en définissant, d'après la proposition de R. Robinson, le trait comme le symbole de deux électrons (paires d'électrons ou doublet). Si l'on réunit par paires les électrons mêmes libres et si on représente chaque paire par un trait on obtient alors les formules de Robinson. » Par exemple, la formule électronique de la molécule d'eau :



devient, dans l'écriture de Robinson :

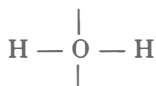


Quand les doublets d'électrons sont libres, Eistert propose une modification supplémentaire du symbolisme de Robinson, modification qui consiste à ne plus mettre le tiret correspondant au doublet libre en *situation radicale*, mais à le mettre en *situation tangentielle*, en quelque sorte tangent au noyau de la molécule.

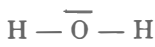
(1) Voir KERMACK et R. ROBINSON, *Journ. Chem. Soc.*, London, 121, 433, 1922.

(2) Bernard EISTERT, *Tautomérie et Mésonérie*, trad., p. 8.

Dans ces conditions, au lieu de la formule de la molécule de l'eau par Robinson :



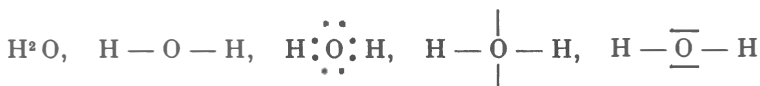
on aura la formule d'Eistert :



La quadrivalence du carbone s'écrira dans le symbolisme d'Eistert :



Ainsi une longue histoire de la chimie sera résumée dans la série suivante des formules représentant la molécule d'eau :



Pour bien apprécier toute la valeur épistémologique de ces modifications du symbolisme, il faudrait les suivre sur des formules plus compliquées que celles qui correspondent à une petite molécule comme la molécule d'eau. Comme toutes les valeurs constructives, c'est au niveau des rapports les plus compliqués qu'on peut vraiment en apprécier toute la portée. C'est l'infortune de la philosophie des sciences qu'elle doive s'exposer sur des cas simplifiés alors que la pensée scientifique est active dans les cas les plus complexes. Mais le philosophe devrait faire confiance au savant. Le chimiste ne complique pas ses symboles de gaieté de cœur, mais il sait qu'il doit les rendre adéquats à une science qui se complique en progressant. Ici, dans la simple ligne que nous avons indiquée, c'est un fait : le nouveau symbolisme tient plus de pensées que l'ancien, il enferme non seulement une véritable histoire des progrès, mais il apporte encore des suggestions à la recherche expérimentale. Le symbolisme rectifié, enrichi, a ainsi une certaine épaisseur philosophique, une profondeur épistémologique. Un philosophe sourira sans doute quand il lira que, suivant le mot de Robinson, « le trait a acquis de la substance ». Le philosophe ne se sert pas à si bon marché de la notion de substance. Et pourtant l'expression ne vient pas à la légère sous la plume d'un chimiste. Elle est reprise par Eistert, reprise par

Dufraisse. Et il suffit de méditer la dialectique qui, partie du tiret *conventionnel* en passant par une référence à la *réalité* du doublet électronique, est revenue au tiret *chargé de sens* pour comprendre la justesse de la désignation substantialiste indiquée par Robinson.

Car enfin, si le philosophe veut juger de ses catégories, ne conviendrait-il pas qu'il les examine quand elles fonctionnent ? Et peut-être, par privilège d'examen, quand elles fonctionnent délicatement, subtilement ? Peut-il se satisfaire d'un acte prédicatif affirmant une substantialité toujours inconditionnée, alors que s'offrent à lui des types de substantialisation, des usages de la catégorie de substance tout nouveaux que la réflexion philosophique ne pouvait guère rencontrer ? Bref, le philosophe n'aurait-il pas avantage à venir chercher, dans la pensée scientifique si active, des objets précis pour ses discussions, des conditionnements délicats susceptibles de nuancer l'usage de ses catégories ?

Et pourquoi un philosophe hégélien ne viendrait-il pas, lui aussi, examiner cette *dialectique hégélienne minuscule* qui paraît ne jouer que sur des *expressions*, que sur des *symboles* mais qui est si exactement placée à la charnière même de deux grandes conceptions, entre la chimie et l'électronique, qu'elle fait de toute évidence avancer le savoir ? L'effet historiquement synthétisant de la définition de Robinson, pour n'apparaître que dans un coin de la science, n'en porte pas moins témoignage de la constante force d'intégration historique de la pensée scientifique.

Dans les exemples qu'apporte à la réflexion la philosophie chimique contemporaine, on est en possession d'une pensée qui a déjà rationalisé une série d'expériences saines, qui a déjà derrière elle une histoire rationnellement ordonnée et cependant cette pensée de pleine maturité n'hésite pas à rectifier des cadres qui ont fait leur bon travail d'encadrement. Alors, concurremment, le rationalisme abstrait et le matérialisme instruit s'avancent l'un vers l'autre, se rapprochent l'un de l'autre. Le rationalisme appliqué est ici au travail, la prise concrète est chaque jour meilleure et la pensée gagne en coordination forte. Nous sommes bien dans une zone de philosophie matérialiste affinée. C'est pourquoi, à propos d'un exemple précis très particulier, nous avons, suivant notre méthode dans cet ouvrage, cru pouvoir donner nos réactions de philosophe.

D'ailleurs la leçon majeure que le philosophe doit prendre de l'évolution de la science, c'est que la philosophie elle-même doit être retouchée. Sur les problèmes qui viennent de nous occuper,

nous donnerions une fausse idée de l'activité du matérialisme instruit si nous représentions le progrès des pensées comme un simple passage du dogmatisme de la notion de *valence* au dogmatisme de la notion d'*octet*. Sans cesse fonctionne, dans la culture scientifique contemporaine, une dialectique d'assimilation et de désassimilation. Il n'y a plus d'*élémentarisation absolue* de la culture. On ne peut plus circonscrire pour toujours une « base élémentaire de la chimie ». Il faudra donc sans cesse envisager une tâche pédagogique de désélémentarisation, soit dit sans scrupule pour l'emploi des néologismes : tout en embarrassant la langue, ils parlent parfois, ces néologismes, plus vite que des périphrases.

Mais, d'un autre côté, une assimilation trop uniquement attachée à une nouvelle théorie ne saurait correspondre à la situation réelle d'une science aussi vaste, aussi diverse dans ses différents cantons, que la chimie. Toute la chimie, dans la multiplicité de ses tâches quotidiennes, dans sa nécessaire dispersion sur l'usine et le laboratoire, ne peut être contenue dans une « théorie nouvelle ». En particulier, la théorie électronique ne peut tout « assimiler ». Employer à tout propos une telle théorie serait « idéaliser » le savoir. Mais le besoin d'*appliquer* les théories est tellement impérieux en chimie que cette science ne saurait refluer dans les voies des anciennes idéalizations. Car telle est l'action philosophique du progrès de la science : ce progrès du matérialisme dénonce comme autant d'idéalizations de nombreuses doctrines qui se donnaient jadis comme assurées d'un net réalisme. Prise dans ces problèmes modernes, la chimie s'inscrit bien dans un rationalisme appliqué, rationalisme qui enjoint de modifier sans cesse les théories déjà rationalisées pour qu'elles reçoivent la sanction d'applications de plus en plus précises, de plus en plus nombreuses.

En fait, la doctrine de la chimie électronique est, depuis un quart de siècle, en état d'affinement constant. Une deuxième philosophie chimique de l'électron est en vue. Les *octets* d'électrons ne sauraient plus être pris pour des structures rigides. On sait en effet que la localisation des électrons ne saurait être absolue, le principe de Heisenberg, principe fondamental en microphysique, interdisant toute localisation absolue. Un certain flou se produit, de ce fait, dans les structures électroniques.

Dès lors, à cette chimie en quelque manière arithmétique dans sa comptabilité d'électrons doit être associée une sorte de géométrie de la déformation. Alors que les octets se présentaient comme un passage de la structure géométrique à la désignation arith-

métique, la dialectique se renverse et des zones de géométrisation doivent être considérées pour une explication correcte des phénomènes arithmétisés. Il faut remplacer les orbites des électrons par des *fonctions orbitales*, fonctions qui s'analysent, non plus aux différents points d'une *ligne*, mais aux différents points d'un *volume*. Le *ponctuel* par lequel s'illustraient les schémas électroniques doit faire place au *volumétrique*. Le continu évincé par l'approximation *arithmétique* de l'organisation électronique des substances rentre en scène sous la forme — sans doute atténuée — de nuages *volumétriques* de probabilité de présence électronique — ou, ce qui est finalement synonyme, sous la forme d'une *densité électronique* qui ne peut être calculée que dans de *petits volumes*.

V

Nous venons de voir comment les explications électriques et électroniques se sont peu à peu imposées en chimie. Nous touchons un point où, avec les considérations électroniques, il faut tenir compte de toutes les leçons de la physique quantique. Pour discuter sur un exemple précis les rapports de la chimie classique et de la chimie quantique, nous allons reprendre le problème de la quadrivalence du carbone à propos duquel nous avons déjà fait bien des remarques. En revenant toujours au même exemple, nous espérons montrer que l'activité polémique ne cesse pas dans une science qui doit accumuler à la fois les faits et les raisons, varier l'expérience et augmenter le rationalisme du savoir.

Mais avant d'engager ce débat précis sur la quadrivalence du carbone considérée par la chimie classique d'une part et par la chimie quantique d'autre part, nous voudrions prendre un peu de champ et montrer l'intérêt philosophique de cette *double information* du matérialisme instruit. D'une manière précise, notre but philosophique, avant la discussion détaillée sur la quadrivalence du carbone, est de souligner, même au prix de quelques répétitions, la vie nouvelle d'une dialectique qui joue sur les deux domaines de rationalité que sont l'*électrisme* et le *chimisme*.

Dans notre livre : *Le rationalisme appliqué*, nous avons esquissé une dialectique de l'*électrisme* et du *mécanisme*. Nous allons voir maintenant que les conceptions contemporaines de l'électricité peuvent, à leur tour, être mises au rang de *conceptions de base* pour l'étude chimique de la matière. La chimie électronique quantique retrouve certaines conclusions de la chimie

classique. Mais, à bien des égards, elle a son développement autonome. C'est cette autonomie qui permet de constituer comme rationalisme régional un *électronisme*, canton particulier de l'électrisme.

La doctrine des valences chimiques, même en n'examinant que la période moderne, peut, répétons-le, se développer sous deux formes suivant qu'elle systématise l'aspect proprement chimique ou qu'elle envisage des corrélations électroniques sous le phénomène chimique des valences. Mais puisque l'électron localisé ne suit pas la mécanique classique, puisque l'électron dans l'atome et la molécule obéit aux principes de la mécanique quantique, nous sommes renvoyés à une dialectique fondamentale. C'est une réforme radicale de la compréhension des phénomènes qui est exigée si nous voulons comparer les explications chimiques classiques et les explications électroniques.

Si l'on pouvait vivre vraiment cette alternative, poursuivre ces deux développements parallèles d'une science vraiment doublement active, on recevrait l'étrange bénéfice d'une *double compréhension*. Quelle confirmation de vérité ne trouverait-on pas dans ces idées doublement vraies, dans ces idées doubles, ou pour parler comme Victor Hugo, dans cette « idée bifurquée se faisant écho à elle-même » (1). Comment notre intelligence ne serait-elle pas alertée par la joie de comprendre deux fois, de comprendre à deux points de vue différents, de comprendre *autrement*, en fondant en nous-mêmes une sorte de conscience d'*alter ego*. Quand Hegel étudiait le destin du sujet rationnel sur la ligne du savoir, il ne disposait que d'un rationalisme linéaire, que d'un rationalisme qui se temporalisait sur la ligne historique de sa culture en réalisant les moments successifs de diverses dialectiques et synthèses. Le rationalisme, déjà si nettement multiplié dans la philosophie mathématique moderne par la multiplicité des dialectiques de base, par l'opposition des axiomatiques, reçoit, dans les domaines de la physique et de la chimie contemporaines, une multiplicité de lignes de culture visant un même objet. Ce rationalisme à plusieurs registres, ces pensées à double histoire nous enjoignent de délester l'esprit d'une trop lointaine histoire. Ces doubles filiations tendent à nous actualiser dans la culture rationalisée. Elles nous déterminent en particulier à rompre décidément avec la connaissance immédiate, avec la connaissance commune, en acceptant les nettes disconti-

(1) Victor Hugo, *William Shakespeare*, p. 221.

nuités de la culture sur lesquelles nous reviendrons dans notre conclusion.

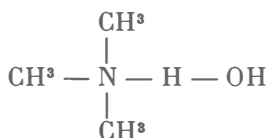
Si nous nous plaçons à ces points de discontinuités comme l'est, dans l'histoire de la chimie, l'introduction des conceptions électroniques, nous sommes obligés de *juger* l'histoire, nous entrons dans le règne de *l'histoire jugée* que nous avons essayé de caractériser dans un ouvrage récent (1). Dans l'histoire de la pensée scientifique, nous dominons, du fait même de la rationalité progressive de la science, l'historicité empirique. Par l'histoire jugée nous actualisons l'histoire en la pensant sur les articulations mêmes de l'histoire rationnelle.

Entre *l'historicité empirique*, trop souvent centrée sur le passé personnel, trop dispersée sur des anecdotes gratuitement choisies et *l'histoire jugée* dans une intégration du rationalisme — nécessairement sociale — on pourrait étudier toute une région épistémologique intermédiaire. C'est dans cette région intermédiaire que nous placerions des événements culturels qui semblent déranger la ligne de l'histoire des notions élémentaires, mais qui finalement apportent à l'esprit rationnel les bénéfices de l'esprit de finesse.

C'est ainsi qu'une culture scientifique rencontre, en tous ses progrès, de véritables *étonnements de l'intelligence* qui viennent sans cesse contredire le dogmatisme du savoir acquis, sans cesse rectifier des rationalités trop élémentaires. Les grandes théories scientifiques — singulièrement, les grandes théories de la structure chimique qui nous occupent — sont bordées d'un champ de rectifications. En réalisant l'importance des *rectifications théoriques*, on est bien loin des *étonnements empiriques*, bien loin des premières excitations de la curiosité devant un phénomène inaccoutumé. L'on trouverait d'abondantes leçons pour une épistémologie structurée, pour une épistémologie qui met en lumière les strictes différenciations du savoir, si l'on comparait les étonnements du premier empirisme et les étonnements de l'intelligence instruite à partir de théories rationnelles fortement constituées, bien ancrées dans la culture élémentaire. Par exemple, que l'hydrogène auquel les leçons élémentaires ont attribué la valence *unité* puisse être associé à *deux* atomes, voilà un *fait théorique* nouveau qui provoque un étonnement de culture. Car c'est un *fait théorique*, un fait qui s'énonce d'abord *dans une théorie* et qui contredit des habitudes théoriques. En 1912, pour la première fois depuis que la théorie atomique était fondée, bien fondée,

(1) *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, Chapitre Premier.

bien vérifiée, souvent vérifiée, Moore et Winmill assignent à l'hydroxyde de triméthylammonium la formule suivante :



La symbolisation :



eût passé pour une erreur insigne dans l'enseignement élémentaire au début de notre siècle. Il faudra suivre toutes les modifications de la notion de valence pour l'interpréter, pour ajouter une finesse d'application à un dogmatisme d'abord rigide. En 1913, Pfeiffer introduit systématiquement en chimie organique cette liaison théoriquement étonnante. Et peu à peu se multiplient les cas où « le pont hydrogène » est explicatif. Tout un chapitre est nécessaire, dans un manuel contemporain, pour étudier « la liaison hydrogène », le « pont hydrogène ». Ce type de liaison prend une importance de plus en plus grande. « On a reconnu, dit Pauling (1), que ce sont des liaisons hydrogène qui maintiennent les molécules de protéine dans leur forme naturelle et comme les méthodes de chimie structurale sont de plus en plus appliquées aux problèmes de physiologie, je crois qu'on arrivera à l'idée que l'importance de la liaison hydrogène pour la physiologie dépasse celle de tout autre fait structural simple. »

Non seulement le *pont hydrogène* est *explicatif* à l'égard de nombreux phénomènes, mais il est *expliqué* par la chimie électronique ; il fait ainsi corps avec le rationalisme quantique. Ainsi les théories scientifiques, dans leur multiplicité, s'assouplissent mutuellement.

En fait, philosophiquement, une phénoménologie de l'esprit qui enregistre une bi-compréhension (par exemple une compréhension chimique et une compréhension quantique) ne donne son plein effet que si l'on accepte des déplacements de réalisme, que si l'on fait passer au premier plan le réalisme de construction en abandonnant le réalisme de constatation. On se trouvera souvent, en interprétant l'expérience scientifique, devant le dilemme : faut-il

(1) LINUS PAULING, *La nature de la liaison chimique et la structure des molécules et des cristaux*, trad., p. 285.

donner la fonction dominante de réalité à l'organisation proprement chimique ou à l'organisation électronique ? La réponse est parfois délicate précisément parce que la science est entrée dans une zone où ses instruments théoriques, les instruments de rationalité que sont ses théories, fonctionnent avec une extrême sensibilité.

D'ailleurs, le seul fait qu'on puisse mettre en question l'attribution du réalisme à différents systèmes d'organisation suffit à montrer que le réalisme scientifique est une *fonction philosophique*. Le réalisme est une manière de penser une réalité, des réalités, la réalité. (Voilà déjà 3 réalismes !) Et toute philosophie, explicitement ou tacitement, avec constance ou subrepticement, se sert de la *fonction réaliste*. Toute philosophie dépose, projette ou suppose une réalité. Une philosophie en vient toujours, puisqu'elle est une essentielle instance de réflexion, à élucider la réalité d'une réalité. Quant à la *réalité absolue*, il est aussi malséant de s'en targuer que de la nier. Au réaliste dogmatique, on peut toujours dire : « De cette réalité absolue, qu'en fais-tu ? » A l'idéaliste : « Comment t'en passes-tu ? » Il faudra toujours rappeler la nécessaire avenue de raisons qui mène au réel, surtout à ce *réel tardif* qu'est désormais le réel scientifique. « C'est dans les déterminations de la pensée et du concept que l'objet est ce qu'il est », dit Hegel. Ce point de vue hégélien renvoie trop définitivement à l'idéalisme des concepts primitifs. Le rationalisme chimique profite davantage des renforcements de signification réaliste qu'une longue expérience sans cesse rectifiée a ordonnés. Et le problème philosophique se complique du fait qu'il y a maintenant plusieurs lignes de détermination de la pensée et du concept. C'est en cherchant la convergence de ces lignes qu'on peut poser la réalité de l'objet scientifique.

Il serait intéressant d'instituer des discussions entre deux promoteurs de deux organisations d'expériences différentes. On verrait alors comment deux rationalistes se mettent d'accord en réajustant leurs arguments, en assimilant les objections adverses, en totalisant deux histoires scientifiques, bref, en s'instruisant mutuellement, en se réinstruisant doublement. Comme le *sujet rationnel* est finalement, à notre avis, le sujet du verbe s'instruire, on se rend compte de l'étonnante disponibilité d'esprit que nous offre la culture scientifique. En fait, la culture scientifique nous écarte de tout dogmatisme, de toute *spécialisation philosophique*, et cela dans le temps même où il est de mode, chez certains philosophes, de se lamenter sur l'étroitesse d'esprit du savant et du technicien.

VI

Mais quittons ces généralités philosophiques et donnons, à titre d'exemple, une ébauche de ces discussions serrées entre les promoteurs des théories quantiques et ceux des théories chimiques. L'objet de discussion que nous choisissons est la quadrivalence de l'atome de carbone, de sorte que les présentes pages continuent la polémique que nous avons engagée plus haut à propos de la représentation « tétraédrique » de l'atome de carbone.

Comme on va le voir, le débat se fait décidément à l'égard d'un objet sans valeur réaliste directe dans l'expérience commune, d'un objet qu'il faut désigner comme un *objet second*, d'un objet qui est précédé de théories. Nous répétons inlassablement ces observations philosophiques puisque nous prétendons soutenir la thèse de la rupture entre la connaissance scientifique et la connaissance commune.

Donnons d'abord la parole au chimiste quantique. Ce chimiste va interpréter le spectre du carbone en s'appuyant sur le principe d'exclusion de Pauli qui est un des principes fondamentaux de toute la science quantique.

Si l'on place le carbone dans la hiérarchie des configurations électroniques de la suite régulière des corps simples, on trouve que l'atome de carbone a, dans sa couche externe, couche comptable de tous les phénomènes chimiques, 4 électrons. Ces 4 électrons ont des caractéristiques différentes : deux sont des électrons *s* ; ils sont couplés et ne se prêtent, du fait de ce couplage, à aucun effet de combinaisons ; les deux autres électrons sont des électrons *p* et ils sont « célibataires ». Seuls ces derniers électrons sont susceptibles de déterminer des liaisons avec d'autres électrons célibataires appartenant à un autre atome. Il faudrait donc conclure que *l'atome normal* de carbone a pour valence *deux*. La conclusion quantique est donc que *le carbone est bivalent*.

A cette conclusion, le chimiste classique s'oppose formellement. La chimie du carbone est solidement constituée sur l'attribution de la valence *quatre* au carbone. Pour un chimiste, *le carbone est quadrivalent*. Ce *fait théorique* a permis l'explication de faits expérimentaux innombrables au cours d'une histoire d'un long siècle. Ce fait théorique est justement inscrit à la base de l'enseignement élémentaire.

Comment résoudre, comment assouplir la contradiction entre la formule quantique et la formule chimique ?

L'assouplissement se fait *d'abord* du côté quantique. Le physicien quantique maintiendra que l'atome *normal* de carbone est bivalent, mais il affirmera que l'atome de carbone en combinaison est dans un état *excité*. La notion d'*excitation* va alors jouer un curieux rôle intermédiaire entre les antiques notions philosophiques de la *puissance* et de l'*acte*. L'être fondamental du carbone ne peut passer de l'affinité (puissance) de combinaison à l'acte même de combinaison que par l'intermédiaire d'un état excité. L'excitation détermine un divorce du couple des deux électrons s qui deviennent tous deux célibataires. Sous sa forme excitée, l'atome de carbone ne comporte plus qu'un électron s — nécessairement célibataire — et 3 électrons $\bar{p}$ — tous les 3 célibataires. Autrement dit, dans les combinaisons chimiques effectives, il y a lieu d'envisager une excitation préalable — ou une excitation suscitée par les atomes des autres corps qui s'offrent à la combinaison avec l'atome de carbone — cette excitation fait passer un électron s à l'état $\bar{p}$. Alors les 4 électrons s et $\bar{p}$ étant tous les 4 célibataires, l'atome de carbone a bien 4 moyens de combinaison. Il est bien quadrivalent.

Un jugement trop rapide pourra prendre cet accommodement pour un compromis verbal. Mais, outre l'intérêt philosophique de l'intervention de la notion d'excitation comme préliminaire à la combinaison, on va voir que la première contradiction de la chimie quantique et de la chimie classique devient une occasion d'affinement des notions.

En effet, la chimie quantique a établi que les 3 valences qui prennent racine sur les 3 électrons célibataires $\bar{p}$ se développent suivant 3 axes perpendiculaires entre eux. La valence attachée à l'électron s , suivant les principes de la physique quantique, n'est pas dirigée ; autrement dit, la fonction orbitale (1) attachée à l'électron s a la symétrie sphérique.

Dès lors, une nouvelle contradiction avec la chimie classique surgit. En effet, contre la construction quantique de l'orientation des valences (3 orientées de manière à faire entre elles des angles de 90° — et une valence sans orientation, indifférente à toute orientation) nous retrouvons l'affirmation du modèle strictement tétraédrique de la chimie classique (les 4 valences orientées de manière à faire entre elles des angles de $109^\circ 28'$).

La discussion doit donc reprendre.

La chimie quantique se remet alors au travail et reconsidère

(1) Sur les fonctions orbitales, cf. notre livre : *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*, chap. II.

ses propres méthodes. Elle applique une nouvelle méthode, dite d'*hybridisation*, qu'il nous serait sans doute difficile d'exposer simplement (1). Par cette méthode, la chimie quantique étudie une *composition* des fonctions orbitales relatives aux 3 électrons $\bar{p}$ et à l'électron s . La chimie quantique, ainsi progressivement affinée, élimine peu à peu les contradictions qui l'opposaient à la chimie classique et elle peut proposer en fin de compte une « fonction orbitale tétraédrique ». Dès lors, par une suite de *calculs*, la chimie quantique arrive à fixer l'angle des valences de l'atome de carbone à $109^{\circ} 28'$ qui est l'angle indiqué par l'*image* tétraédrique de la chimie classique.

Ainsi le débat est clos. Sur ce point *précis* l'accord est fait.

Mais le lent et difficile ajustement des thèses doit nous permettre de vivre de très près l'enrichissement philosophique des nouvelles pensées. Avec la chimie quantique, les directions tétraédriques ont été *calculées*. Dans le schéma de Kekulé, elles étaient simplement *postulées*. En posant le schéma du tétraèdre, la chimie classique émettait une *hypothèse*. Cette hypothèse était une réalisation du *principe de raison suffisante* pour l'explication des phénomènes de la valence. Nous sommes au contraire, avec l'emploi de la mécanique quantique en chimie, devant une promotion philosophique dans le sens de la *nécessité*. En effet, la longue suite des calculs, l'assujettissement de ces calculs à une méthode de connaissance générale rationnelle nous font entrer progressivement dans le règne des *valeurs de nécessité*, suivant un *principe de raison nécessaire*. On voit s'assembler, d'une manière de plus en plus cohérente, les *conditions nécessaires* de l'organisation rationnelle des expériences du matérialisme construit.

Sans doute, les philosophes hostiles aux nuances philosophiques — il s'en trouve ! — objecteront que la mécanique quantique a son lot d'*hypothèses* et que par conséquent l'*aspect nécessaire* que nous nous efforçons de mettre en lumière ne saurait être profond. On voit de ces philosophes qui, victimes des mots, en appellent à la simple dénomination d'*hypothético-déductive* pour affirmer que les sciences mathématiques sont, à jamais, des sciences d'hypothèses. Si l'on peut s'écarter ainsi de l'expérience si claire de la nécessité que donne la pratique journalière des mathématiques, on restera bien insensible à ce minutieux tissage de raisonnements qui, dans les sciences physico-chimiques contemporaines, constitue activement la *nécessité progressive*,

(1) Cf. GLASSTONE (*loc cit.*, p. 99).

celle qui *entraîne* progressivement et régulièrement la pensée humaine dans son travail scientifique, celle qui donne une singulière valeur d'*entraînement*, d'entraînement culturellement irrésistible, au rationalisme enseignant. La science suivie dans son œuvre de conviction progressive incline en « nécessitant ». Elle élimine peu à peu l'empirisme au profit du rationalisme. On perdra donc toute une nuance philosophique si l'on dit que la physique mathématique — et singulièrement la chimie quantique — est une science hypothético-déductive.

Au contraire, si l'on veut bien donner cours à la notion de *valeur épistémologique*, on ne pourra manquer de reconnaître que la théorie des fonctions orbitales tétraédriques de l'atome de carbone a une *valeur* épistémologique plus grande que la théorie stéréochimique du carbone quadrivalent de Kekulé. Pour être plus précis dans l'estimation des valeurs épistémologiques, il faut dire que la mécanique ondulatoire *fonde* le modèle de Kekulé, dans le sens même où les mathématiciens modernes se préoccupent « du problème des fondements ». Que ce « fondement » ne soit pas absolu n'empêche pas que l'approfondissement des bases du savoir matérialiste ait la direction même de l'idéal de *fonder*. Pour le moins, la mécanique ondulatoire *détermine* le schéma intuitif de Kekulé par une suite de raisons bien enchaînées, de raisons qui n'ont pas leur origine dans l'empirisme de la connaissance commune. La mécanique ondulatoire nous fait vraiment *comprendre* l'organisation tétraédrique de toute la chimie du carbone. Avec la mécanique ondulatoire, on peut bien dire qu'on est entré dans un nouvel ordre de compréhension, bien éloigné du simple idéal de la description des faits pris isolément. Un éclairage indirect révèle des puissances d'organisation insoupçonnées.

Car, bien entendu, le rationalisme quantique *continue*. Sa première emprise s'affine dans des approximations plus poussées. Il est probable, dit Glasstone (*loc. cit.*, p. 101) que les angles des liens de valence du carbone n'auront leur valeur tétraédrique exacte que si les 4 atomes (ou groupes d'atomes) liés à l'atome central de carbone sont identiques. Pour des atomes différents, les angles pourront différer légèrement — voire notablement — de la valeur géométrique rigoureuse $109^{\circ} 28'$ caractéristique du cas plus simple où les atomes combinés à l'atome de carbone sont identiques. Il faut alors *pousser les calculs plus loin* et appliquer, à nouveau, la *même* méthode de composition des fonctions orbitales à la paradiade d'électrons qui unissent l'atome de carbone à l'atome particulier d'une autre substance. L'intuition géométrique ne pouvait *conti-*

nuer son œuvre primitivement éclairante. Elle se fût obscurcie en se compliquant. Avec la chimie quantique, la méthode qui avait retrouvé la détermination géométrique simple dans le cas simple d'un corps comme le méthane continue son œuvre d'explication. Il semble même que l'algèbrisme de la composition des fonctions orbitales devienne d'autant plus instructif que les calculs sont poussés plus loin, que les calculs sont de plus en plus compliqués. Alors la chimie calculée-calculante est à l'œuvre. Elle convainc de plus en plus l'esprit qui travaille, l'esprit qui mesure le rationalisme à sa puissance d'organisation en face d'une expérience compliquée.

Si maintenant nous considérons ces longs efforts de *construction de fonctions orbitales hybridisées* dans leurs essentiels aspects de philosophie abstraite-concrète, nous voyons bien que la notion de *structure* qu'on a tendance à donner comme nettement concrète, comme la charpente de la matérialité, est, tout compte fait, trop formelle, trop stable, trop inerte. En affirmant un *modèle*, on se détourne des phénomènes activement *modelant*. Comparée à la chimie classique, la chimie ondulatoire et quantique suit de plus près l'activité structurante de la matière, une activité qui consiste à bien remplir l'espace d'accord avec des conditions supplémentaires de plus en plus nombreuses et de plus en plus délicates. Nous nous éloignons de plus en plus des temps meyersoniens. Il est désormais trop brutal de dire que l'atome de carbone *est* tétraédrique. Il a seulement de très fortes possibilités de *tétraédrisation*. Dans l'atome, tout est fonction, tout est possibilité. Quand l'atome de carbone est sollicité par d'autres atomes pour former des molécules, il se déploie, en quelque manière, *tétraédriquement*.

Ainsi, l'atome considéré dans sa solitude est, suivant une expression familière au philosophe quantique, dans un état *dégénéré*. C'est ce qu'indique nettement Edmond Bauer : « Il faut insister sur un point important : l'atome de carbone isolé n'a pas la forme d'un tétraèdre, pas plus que l'atome d'oxygène isolé ne possède deux crochets de valence rectangulaires : ce sont les perturbations dues aux forces électriques provenant des atomes voisins qui détruisent la dégénérescence de l'atome d'oxygène et orientent son atmosphère électronique en formes d'aigrettes bien définies ; ce sont les mêmes perturbations qui détruisent dans l'atome de carbone le doublet $2s^2$, qui accouplent entre elles les 4 fonctions d'ondes s et $\bar{p}$, les superposent et les répartissent également entre ces 4 fonctions libres, pour créer finalement les 4 liaisons symétriques tétraédrales. Si l'énergie des perturbations

n'est pas suffisante ce phénomène ne peut avoir lieu. » Et Edmond Bauer insiste « sur le rôle essentiel des perturbations qui créent en quelque sorte les liaisons, ce qui donne aux propriétés de valence d'un atome un certain caractère de virtualité ».

Voilà un texte d'une bien grande densité philosophique et, dans le détail des arguments, d'une sensibilité philosophique affinée ! Bien des philosophies pourraient venir s'y instruire. Par exemple, une philosophie de la *composition* trouvera dans la page de Bauer un argument de choix. Nous avons eu bien souvent l'occasion de souligner, dans la pensée chimique, la primitivité de la synthèse au regard de l'analyse. Ici, il semble que l'acte synthétique soit touché dans sa nette primitivité. Ce n'est pas simplement le composé qui gagne des caractères sans existence dans les différents éléments composants. C'est, en quelque manière, l'élément lui-même qui gagne des caractères synthétisants.

Un néo-hégélianisme pourrait aussi interpréter la page de Bauer comme une affirmativité de la synthèse s'opposant à la négativité de l'analyse. C'est cette affirmation constante des valeurs de composition qui fait le dynamisme de la pensée productive. La chimie est sans doute le domaine où les actes synthétiques apportent la preuve la plus tangible de l'affirmativité concrète. Il y a près d'un siècle, Jean-Baptiste Biot, au terme de sa longue vie, montrait l'intérêt d'une philosophie de synthèse comparée à une philosophie de l'analyse : « l'analyse, disait-il, ne jugeant des corps, qu'après qu'ils n'existent plus » (1). Mais l'exemple moderne que nous venons de développer en commentant Bauer est, comme il est de règle dans l'évolution de la pensée moderne, plus net : il décèle l'affirmativité de la synthèse vraiment au niveau de l'élément. Si le chimiste géomètre cherchait dans la structure de l'atome de carbone, dans la structure de l'élément, la trace de la quadrivalence, il chercherait, lui aussi, un caractère « qui n'existe pas ».

Il ne faut donc pas désigner vraiment la tétraédricité du carbone dans l'ordre de la substance, pas même dans l'ordre de l'attribut. Un philosophe spinoziste dirait qu'elle est de l'ordre du mode.

Ce n'est pas sans mélancolie que nous faisons cette dernière remarque, car nous savons bien qu'elle aura l'infortune de sembler inopportune aussi bien au philosophe qu'au chimiste. Mais nous croyons que la petite philosophie symbolise avec la grande et que

(1) Auguste LAURENT, *Méthode de chimie*, 1854. Avis au lecteur de J. B. BIOT, p. vi.

dans le modeste travail de la science il y a matière pour de grandes leçons. Mais si le philosophe veut méditer de si lointains rapprochements, on lui reproche de mêler les genres.

On peut cependant conclure, en revenant à notre problème précis, qu'il serait peu philosophique d'énoncer les possibilités de structurations de l'atome de carbone dans des termes strictement réalistes. On peut seulement dire que l'atome de carbone *devient* le centre de constructions moléculaires tétraédriques *dans certaines conditions*. Il déroge à cette structure dans d'autres conditions. Rien ne s'oppose, en particulier, à ce qu'on réalise des conditions où apparaisse le caractère *bivalent* de l'atome de carbone *normal*, obéissant à la formule électronique de la couche externe $2s^2 2p^2$, avant toute excitation. Pour ne pas compliquer par trop notre exposé, nous n'avons pas exploité cette possibilité d'explication que possèdent les conceptions quantiques. En somme, la mécanique quantique avait raison dès le début quand elle évoquait un carbone *bivalent* et c'est un triomphe de plus, pour la mécanique quantique, d'englober dans le même système d'explication les nombreux phénomènes de la quadrivalence du carbone et ceux, plus rares, de la bivalence du carbone.

En fait, cette bivalence avait beaucoup troublé les chimistes quand ils l'avaient rencontrée. Qu'on relise les pages où Georges Urbain notait le problème posé par l'évidente bivalence du carbone dans les acétals de l'oxyde de carbone. « Il n'est pas d'atteinte à laquelle, disait-il, la doctrine des valences chimiques pouvait être plus sensible. En effet la tétravalence constante du carbone organique n'est pas seulement une conception théorique intéressante : c'est une règle d'action, et celle à laquelle la chimie organique est principalement redevable de son énorme développement. Elle peut s'exprimer ainsi : tout composé où le carbone ne figure pas comme tétravalent est impossible. Il a fallu sinon y renoncer, du moins y apporter des amendements. »

C'est plus que des amendements qui ont été apportés à la doctrine ; c'est une refonte totale. Prise d'un point de vue plus élevé, la doctrine de la composition a pu ordonner les phénomènes de la quadrivalence et de la bivalence. Sous leur forme substantive les expressions : le carbone est quadrivalent — le carbone est bivalent sont *contradictoires*. Sous leur forme modale, une fois indiquées les conditions de déploiement des valences dans la *composition*, les deux formes sont valables, les deux formes contribuent à une explication profonde des phénomènes.

VII

Dans tout le cours de ce long chapitre nous avons voulu attirer l'attention sur les dialectiques théoriques qui ont fait avancer la connaissance des structures moléculaires. Nous avons semblé négliger le côté expérimental du problème. En fait, toutes les modifications théoriques que nous avons présentées ont été engagées sous la poussée de l'expérience car c'est sans doute en chimie que le couplage de l'expérience et de la théorie est le plus serré. Une philosophie chimique complète pourrait donc présenter des *documents réalistes* très nombreux et surtout des *documents réalistes dont la clarté s'approfondit* d'année en année. Il suffit, pour s'en convaincre, de suivre les illustrations des livres de chimie depuis le début de notre siècle.

Faute de pouvoir réunir un album des constructions moléculaires qui ont fait leurs preuves positives de réalité, indiquons la voie expérimentale qui apporte des documents dont l'interprétation réaliste ne fait aucun doute.

Nous pouvons — au-delà de la connaissance commune — présenter pour ainsi dire deux crans de la connaissance scientifique réaliste de la structure intime des substances : la technique des rayons X et la technique du microscope électronique.

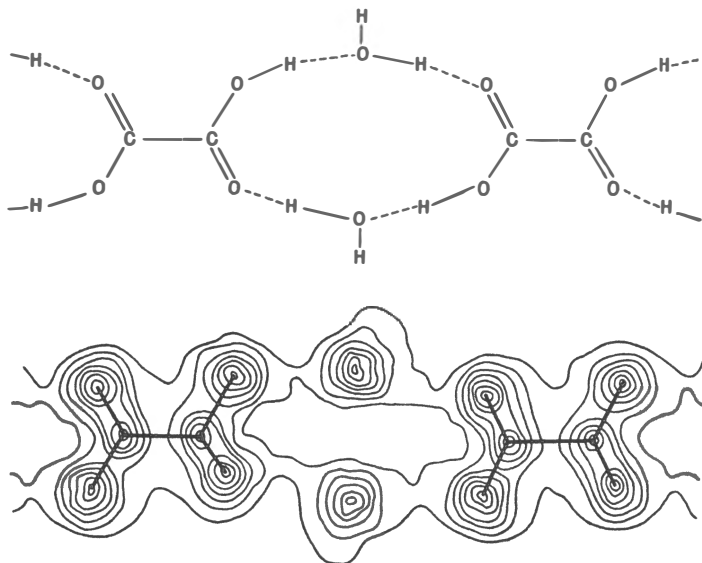
C'est Bragg qui mit au point la technique de la diffraction des rayons X suggérée par les travaux de von Laue et qu'obtint les clichés photographiques relatifs à la structure intime de nombreux cristaux. Ce sont ces clichés où figure toute une géométrie de taches qui portent témoignage des symétries *intérieures* des édifices cristallins. Naturellement, une *besogne d'interprétation* est nécessaire pour passer des symétries des taches sur le cliché aux symétries des noyaux atomiques dans l'espace intérieur du cristal. Mais on peut bien dire que cette interprétation, où les théories les plus sûres sont actives, ne laisse pour un physicien aucun doute : les radiogrammes cristallins sont des documents réalistes de la plus grande sûreté.

Il est bien entendu que ces documents nous renseignent uniquement sur les mailles cristallines aux croisements desquelles sont les noyaux d'atomes. Ils ne nous disent rien sur la situation exacte des électrons.

Précisément, les déterminations électroniques sont bien autrement difficiles. Elles représentent un deuxième cran de l'enquête

réalistique. H. C. Longuet-Higgins (1) souligne cette différence de *difficulté* : « Bien entendu, il est beaucoup plus facile de décider par l'expérience entre deux configurations hypothétiques des noyaux qu'entre deux distributions possibles des électrons. » Attirons au passage l'attention sur cette notion de *difficulté* bien souvent méconnue par le philosophe. Nous reviendrons par la suite sur cette notion qui est un *caractère très positif* de la culture scientifique.

Dès lors, puisque les électrons ne sont pas localisables, on va



chercher des représentations qui donneront la densité de présence de ces électrons, la densité électronique dans les différentes régions de la molécule. Et c'est ainsi que les livres de chimie modernes sont illustrés par des « cartes électroniques ». Autrement dit, une véritable *cartographie de la molécule* s'institue, où, autour des noyaux atomiques de la molécule dûment localisés, est indiqué par des lignes de niveaux *le relief de la densité électronique*.

Ces cartes électroniques sont-elles réalistes, ne sont-elles que des représentations ? Chacun en décidera suivant son tempérament philosophique. Mais si l'on conclut en se limitant à la notion de représentation, il faudra dire que jamais une représentation n'a été plus proche de la réalité.

(1) Substances hydrogénées avec défaut d'électrons, apud *La liaison chimique*, éd. C. N. R. S., Paris, 1950, p. 82.

Là encore la pensée matérialiste moderne bénéficie d'une convergence de méthodes qui peu à peu efface le caractère hypothétique des premières théories. Qu'on compare les figures données par Champetier (p. 317, *loc. cit.*). L'une est la « carte » de la densité électronique d'une molécule d'acide oxalique hydraté, l'autre est un schéma structural de la même molécule, schéma qui résume les données de la chimie classique. L'une et l'autre, la carte et le schéma, sont sans doute chargés de théories. On ne les comprend bien l'une et l'autre que dans des visées rationalistes, en prenant conscience de toutes les théories qui s'y résument. Cependant on ne peut méconnaître que les deux visées rationalistes éclairent une seule et même réalité. Des conventions si différentes atteignant le même but sont plus que des conventions. Dans une telle convergence de deux représentations qui au départ pouvaient sembler conventionnelles, le réalisme scientifique et le rationalisme sont réciproquement confirmés. L'activité *diméthodique* est un renforcement de la confiance du travailleur. Comme le dit justement Georges Champetier (*loc. cit.*, p. 35) : « Ces remarquables résultats sont une justification de la confiance que les chimistes mettent dans les conventions qui ont servi de base à leur symbolisme moléculaire. »

Pourquoi hésiterait-on à inscrire cette impression de confiance au rang des valeurs épistémologiques de la science contemporaine ? Elle n'a rien de naïf, elle s'est lentement formée, discursivement préparée. Elle est sûrement une composante de l'intérêt pour la recherche scientifique. Il faut lui faire place si l'on veut faire la psychologie de l'esprit scientifique, si l'on veut établir une doctrine des *valeurs épistémologiques*. La confiance est alors vers l'avenir le caractère symétrique du doute vers le passé. Elle est faite de *rationalisme confirmé*. Cette confiance discursive, cette confiance surveillée, cette confiance qui s'articule sur un doute maintenu en éveil, voilà le corps même du légitime dogmatisme de la pensée scientifique. Si les philosophes suivaient dans les détails les dialectiques de cette confiance circonstanciée, ils seraient peut-être plus prudents dans leur jugement, sans cesse répété, sur le dogmatisme de l'esprit scientifique.

VIII

Les connaissances qui s'affirment dans la plus sûre des simplicités peuvent recevoir, du fait de la complexité des théories modernes, de nouvelles problématiques. Nous disions, dans un chapitre antérieur, que les métaux se présentaient comme de

clairs exemples de l'homogénéité substantielle. Mais tout n'est pas dit par cette déclaration d'homogénéité et la science contemporaine a mis en problèmes la contexture de cette homogénéité métallique. Outre les liaisons moléculaires, outre les liaisons cristallines, il a fallu considérer les *liaisons métalliques*. Un immense domaine s'ouvre alors à la recherche. Un fragment de métal est fait de molécules qui se rapprochent très près les unes des autres, dit Linus Pauling (1), « de sorte que la distance interatomique entre atomes appartenant à des molécules différentes ne doit guère être plus grande que la distance interatomique intramoléculaire ». Pour expliquer cette compaction, l'école de Pauling développe toute une électronique de la métallité. Dans cette électronique, les problèmes abondent. Ils s'éclairent dans de véritables recherches de métallisme comparé. Que d'étonnement pour un philosophe de découvrir des problèmes de structures dans un domaine où régnait une sorte d'unité matérielle évidente ! Pour travailler dans cette zone, il faut avoir présente à la pensée une grande collection de faits proprement chimiques, en particulier toute la chimie des complexes. Ici, la chimie quantique devient indispensable. C'est la chimie quantique qui pose les problèmes. Le problème des liaisons intra-métalliques se pose en termes « d'orbitales ». C'est là sans doute une chimie bien abstraite, mais en la méditant on vit vraiment une révolution de l'explication scientifique. En effet l'explication des liaisons métalliques réclame de nouvelles bases d'explication, un nouveau régime d'explication. La chimie, traditionnelle science concrète, devient alors éminemment une science abstraite-concrète. Le *métallisme comparé*, formulé sur la base d'explication abstraite de la chimie quantique rend *intelligibles* des ordinations de qualités matérielles manifestes comme la dureté : « Dans la série des métaux : potassium, calcium, scandium, titane, vanadium, etc., le nombre de liaisons covalentes fournies par atome augmente dans les rapports 1 : 2 : 3 : 4 : 5, etc. Les propriétés physiques de ces substances sont qualitativement conformes à ces prévisions : les métaux deviennent de plus en plus durs, résistants, denses et incompressibles dans l'ordre indiqué, leur point de fusion augmente rapidement, les distances interatomiques diminuent. » Il y a là une domination évidente d'un empirisme absolu. Soudain apparaissent des raisons où il n'y avait que des faits. Et les raisons sont explicatives dans des règnes divers de la phénomé-

(1) LINUS PAULING, La valence des métaux et la structure des composés intermétalliques, apud *La liaison chimique*, Paris, 1950, éd. C. N. R. S., p. 90.

nologie. Si l'on poursuit la lecture de l'article de Pauling, on constate que la mise en ordre, par les théories quantiques, des propriétés métalliques de densité, de résistance, de contexture géométrique, de compressibilité, se retrouve dans d'autres cantons de la phénoménologie, en particulier dans la mise en ordre des propriétés magnétiques caractéristiques des différents métaux.

Ainsi les faits sont mis en ordre par l'application d'un principe rationnel, compte tenu des longues réformes théoriques instituant une rationalité régionale : la rationalité de la chimie quantique. Bien entendu, cette nouvelle intelligibilité n'éclaire pas tout. Et surtout elle n'explique pas tout *définitivement* car les problèmes foisonnent et leur solution conduit souvent à réformer la théorie. Cette problématique foisonnante est un signe nouveau. L'empirisme de la dureté métallique, au fond, ne posait pas de problèmes : on n'avait pas à faire comprendre que le fer est plus dur que le cuivre ; on n'avait qu'à le constater. On pouvait préciser cette constatation par des *mesures*. On pouvait entreprendre de constituer empiriquement des alliages qui augmentaient la dureté d'un métal. On pouvait *imaginer* des entrelacements d'atomes qui illustraient la dureté. Mais on ne « pensait » pas la dureté. On *mesurait* la dureté ; on ne la *calculait* pas. De la mesure au calcul se réalise le progrès philosophique de l'empirisme au rationalisme. Nous donnerions d'ailleurs une fausse idée de ces *calculs* si nous les détachions des théories qui les soutiennent. Ces théories sont nombreuses ; elles sont diverses. Elles sont en quelque manière en compétition à l'égard de l'intelligibilité. Quand on considère les discussions que suscitent les théories de Pauling, quand on se réfère aux objections de Mott, de Mullikan, de Born, de Daudel, etc., on a bien l'impression d'être en présence d'une intelligibilité en voie de constitution. En partant de la polémique entre la théorie de Bloch et celle de Pauling, Coulson peut conclure (*loc. cit.*, p. 101) : « Les deux théories sont valables, les deux sont deux manières différentes de considérer le même phénomène. Selon les circonstances, selon les effets particuliers que nous voulons discuter, nous devons donc choisir l'une ou l'autre de ces deux théories. » On se trompait si l'on voyait là une profession de pragmatisme. En fait, cette dualité que nous indiquons, sans pouvoir en bien présenter les circonstances, correspond vraiment à un double cheminement rationnel.

CHAPITRE V

LES LIAISONS DOUBLES. LA MÉSOMÉRIE.

« Plus une méthode est nouvelle et féconde, plus elle étend le champ de l'inconnu. »

Joseph BERTRAND (*D'Alembert*, p. 41).

Nous voudrions conduire notre lecteur au centre des discussions modernes où les notions les plus élémentaires sont reprises sur de nouvelles bases. Les représentations sont soumises à une critique constante qui ne peut garder la simplicité primitive des symboles. Des symboles aussi simples que le tiret par lequel on figure dans une molécule la liaison de deux atomes ne peut rester une simple convention. Il appelle des pensées, il appelle des critiques. Si l'on a trop confiance en sa signification symbolique, on le redoublera, on le triplera pour représenter des doubles liaisons, des triples liaisons. Et précisément en se confiant à l'autonomie des symboles, la pensée se schématise et se détache des enseignements précis de l'expérience. Nous allons voir que les liaisons multiples — les tirets redoublés ou triplés — conduisent à des difficultés sans nombre. Ces difficultés sont si graves — et si heureusement embarrassantes ! — qu'elles obligent à une révision de l'idée même de *structure moléculaire*. Un étrange pluralisme vient toucher la mono-idéalité attribuée par la chimie classique à la *structure d'une molécule*. On assistera à une sorte d'éparpillement des symboles attachés à une même substance composée. C'est ce curieux pluralisme de l'unique qu'étudient les doctrines de la mésomérie. Il y a là ample matière de méditation pour un philosophe.

Mais pour arriver à cette région de la philosophie chimique où se posent les problèmes de la mésomérie, il faut parcourir un assez long préambule. Prenons donc les choses d'assez loin et au risque de quelques répétitions, essayons d'approfondir le symbolisme de la notion de liaison chimique.

I

Écoutons d'abord un grand chimiste de notre temps parler de ce simple trait d'union des substances qui symbolise une liaison chimique.

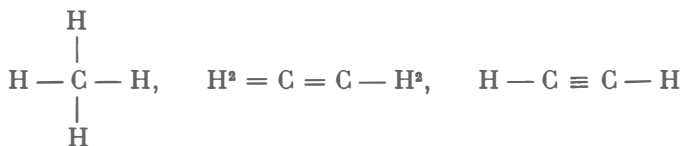
Dans une conférence faite en 1947 sur la Mésonérie, Charles Dufraisse s'exprime ainsi (1) : « La deuxième grande découverte de la chimie moderne, celle de la notation par formules développées, dite notation atomique, est une œuvre collective. Cependant le principal, la représentation graphique de l'union des atomes entre eux, appartient indépendamment à Couper et à Kekulé ; la figuration simple de cette union par un trait revient au premier. On sait quelle a été la fortune de ce modeste symbole dont l'importance ne saurait être exagérée. On s'en rend compte déjà par la revendication qu'a élevée Wurtz à son sujet. Mais le trait dont nous a dotés Couper avait une portée bien plus lointaine qu'une simple commodité de figuration. En l'utilisant, les chimistes adoptaient, consciemment ou non, une théorie précise concernant la constitution de la matière. Le trait impliquait, en effet, l'idée que, dans la molécule organique, les atomes étaient enchaînés entre eux de manière fixe. L'usage du trait n'aurait pas eu de sens pour qui aurait supposé un interéchange possible des liaisons intramoléculaires : à quoi bon tenter de spécifier les unions si elles devaient se transposer sans changer la nature de la molécule ?

« Les conséquences, nul ne les ignore : elles furent décisives. En maniant le trait les chimistes se familiarisèrent avec l'idée de l'existence d'une structure intramoléculaire, non seulement définie, mais accessible à la connaissance. A une époque où les concepts d'atomes et de molécules étaient fortement battus en brèche, sinon ridiculisés, les chimistes en devinrent les défenseurs et contribuèrent ainsi à préparer les voies à la physique moléculaire, puis à la physique atomique. Enfin le trait amena bientôt, comme aboutissement logique, l'éclosion des formules développées, dont on sait l'extraordinaire impulsion qu'elles ont imprimée à la chimie organique. »

Si nous citons cette longue page, c'est parce que nous voudrions qu'on en apprécie à la fois la condensation historique et la condensation philosophique. Nous n'empruntons pas cette page à des préliminaires d'un livre de vulgarisation. Elle a été lue dans un congrès très fermé, très restreint, dont les membres étaient des

(1) La mésonérie : le point de vue du chimiste organicien, apud *La mésonérie*, 1947, p. 2.

chimistes et des physiciens très spécialisés. Le *trait* qui unit les atomes allait faire l'objet de longs débats. On devait, durant une semaine d'étude, discuter sur la difficulté de passer des liaisons à un trait à des liaisons à deux traits. Dufraisse continuant son historique poursuit (p. 4) : « Les choses commencent à se gâter dès qu'intervient une double ou triple liaison... » Voilà sans doute ce qui n'arrête guère les inductions du symbolisme, et les livres élémentaires ont vite fait de passer du méthane à l'éthylène et de l'éthylène à l'acétylène : on écrit successivement les symboles :



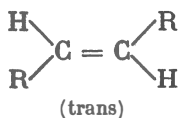
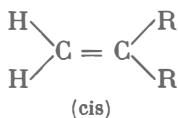
Ici, comme presque toujours, le symbolisme reçoit ainsi, de la pensée formaliste, une autonomie trop rapide. Il faut *surveiller* le *symbolisme* dans ses extensions, ce qui finalement conduit, par récurrence, à le surveiller dans ses racines. C'est en somme ce qu'indique fort clairement Dufraisse (p. 4). Les difficultés qui s'accusent dans l'usage du symbole pour les doubles liaisons « commencent dès le départ. On bute aussitôt sur la notation. Une liaison simple est représentée de manière très logique par un trait dans la direction où s'exerce l'attraction entre deux atomes. Mais, pour la deuxième liaison, la théorie du tétraèdre interdit la même représentation. On ne peut pas mettre deux traits ensemble parce que les deux attractions n'ont pas la même direction : elles font entre elles un angle de 109° 28' ».

On touche donc une sorte de conflit au sein même du symbolisme. On peut dire en effet qu'il y a contradiction entre le symbole des 4 directions tétraédriques, base de la stéréochimie et les symboles des liaisons par tiret si fondamentaux pour les formules développées. De cette contradiction entre symboles, le philosophe se console aisément. Il admire le symbolisme lorsqu'il marche et le rejette quand il ne marche pas. Il est tout près, au moindre échec, de conclure : après tout, il ne s'agissait que de représentation. La philosophie pragmatiste se donne ainsi, à bon compte, un brevet d'opportunité. Elle s'accorde ainsi pour l'acceptation et pour le refus un double esprit de finesse. Les chimistes sont plus exigeants. Ils ont toujours la pensée que les symboles doivent retrouver quelques aspects de la réalité. Précisément, ils les réfèrent à la réalité. Cette attitude d'un *symbolisme appliqué* réclame, outre la cohérence logique des symboles, une efficience

expérimentale. Les chimistes peuvent sans doute s'entendre, comme tout le monde, sur des conventions. Mais leurs conventions se chargent, à l'application, de coefficients réalistiques différents. Il y a alors des symboles majorés qui prennent un sens directeur. L'hypothèse du carbone tétraédrique commande, répétons-le, le développement de la chimie de tout un siècle. Elle ne permet cependant pas, tout au contraire, d'éclairer le problème de la double liaison.

Examinons donc quelques suggestions qui ont été faites pour traiter ce problème et donnons les objections qu'on leur a opposées jusqu'au moment où l'on s'est rendu compte que le symbolisme des doubles liaisons était inerte et qu'il fallait précisément envisager une tout autre doctrine — en particulier la mésomérie — pour rendre compte des phénomènes.

Première objection : si les liaisons sont produites par des forces, ne peut-on *composer* les deux forces d'une double liaison suivant la règle du parallélogramme des forces, les deux liaisons primitives gardant les orientations vers des sommets du tétraèdre ? Non, car la direction de cette seule force résultante serait un axe de libre rotation et l'on n'aurait plus le moyen d'expliquer l'isomérie cis-trans de certaines molécules obtenues par la substitution d'un atome étranger à un atome d'hydrogène dans la molécule d'éthylène :



Deuxième objection : ne peut-on considérer la double liaison éthylénique comme un cycle limite ? L'enchaînement central de l'éthylène aurait alors la forme :



Il est instructif de suivre ici le chimiste dans la discussion de cette image singulière, car cette discussion nous montrera comment le savant veut concilier les exigences de l'intelligibilité et celles de l'application expérimentale. Cet aspect d'un enchaînement coudé, dit Dufraisse « est souvent commode pour les raisonnements, mais il ne convient pas pour une notation logique. Si la double liaison était un cycle véritable, s'il y avait vraiment un cycle diméthylénique, comparable aux cycles tétraméthylénique ou triméthylénique, on aurait un accroissement si consi-

dérable des tensions que la boucle ne pourrait se fermer, ou bien se romprait explosivement au moindre ébranlement ».

S'il n'entre pas dans tout cet appareil de preuves, le lecteur philosophe peut du moins se rendre compte que les symboles sont ici discutés *réalistiquement*. Les symboles veulent exprimer des structures réelles. On ne prend donc pas le symbole dans une simple atmosphère de convention. Du moins ceux qui détonalisent les symboles jusqu'à en faire des conventions s'écartent de discussions qui ont été fécondes. Ils mutilent alors la philosophie de l'esprit scientifique.

Si l'on poursuivait la lecture du mémoire de Charles Dufraisse, on verrait, pour ainsi dire, le savant se débattre à la recherche des hypothèses les plus inhabituelles, tant la difficulté posée par la doublé liaison lui semble pressante. Cet enchaînement coudé « représente-t-il, se demande notre auteur, le croisement de deux pinceaux, de forces attractives immatérielles ? Indique-t-il des tentacules matériels qui se recherchent et se nouent dans l'espace ? On ne sait et rien de ce que l'on a pu en dire n'a d'intérêt ».

Il est instructif, nous semble-t-il, de voir la pensée scientifique se donner tant de champ, pour sortir de l'impasse où elle est engagée avec le symbole des deux tirets parallèles. D'ailleurs, le savant cherche un symbolisme adéquat en dédaignant l'*utilisation* de l'image. Durant une longue période, et les livres d'enseignement élémentaire en portent encore la marque, on a figuré la double liaison entre les atomes de carbone par la mise en commun d'une arête des deux tétraèdres et la triple liaison par la mise en commun d'une face ; la mise en commun d'un seul sommet représentait la liaison simple.

Ces enchaînements, dans le domaine de l'image, sont tout naturels. Mais, précisément, les *symboles scientifiques* ne sont pas des *images*. Il ne faut pas les exploiter et les compléter en suivant les inspirations des simples images. Sans cesse les symboles doivent être ramenés à leur interprétation strictement *expérimentale*. Sur ce point précis les profondes réflexions du chimiste Dufraisse sont pleines d'enseignements philosophiques. Ce mode d'enchaînement par les arêtes et par les faces des tétraèdres que l'imagination trouve naturelle est, dit Dufraisse, « étrange » (p. 6) et il ajoute : « Il n'a pas été le fruit d'une dialectique profonde, il s'est introduit en quelque sorte par surprise à l'époque où l'on raisonnait sur le modèle atomique formé par le tétraèdre inscrit autour des valences du carbone. »

Il est bien entendu que la dialectique toute superficielle, tout

occasionnelle qui s'est ainsi introduite *par surprise* dans la philosophie chimique est celle qui joue au niveau de l'image de l'atome de carbone qui serait un « petit solide » avec des sommets, des arêtes et des faces.

Ainsi il faut sans cesse retourner en *deçà des images*, bien comprendre que les images sont des illustrations, qu'elles ne valent que pendant une période de l'histoire. Se confier à l'image d'un petit solide pour représenter la tétraédricité du carbone, ce serait ramener l'atomisme instruit à l'atomisme naïf de Démocrite. On trouverait sans doute dans cette simplification des problèmes un argument pour la permanence de la raison humaine, pour un dogme de la vérité rationnelle trouvant sa lumière radicale dans les expériences simples, dans les expériences premières. Mais les dialectiques profondes qui mènent la science, les dialectiques qui marquent profondément l'histoire des sciences, ne sont pas mises en action sans un grand effort de réflexion, ne sont pas mises en lumière sans une rationalisation minutieuse de l'histoire de la science. Les difficultés de la notion de double liaison en chimie que nous avons présentée dans cette courte référence à son histoire nous prouvent surabondamment que les images illustrées ne sont pas suffisantes pour penser la matière.

En somme, comme toute pièce du rationalisme, le symbolisme doit être *appliqué*. Il ne peut rester une pure et simple convention. Si le symbolisme est laissé à son autonomie, à sa pureté idéaliste, il quitte toute prudence. Il était, au départ, au contact des faits. Il croit pouvoir dépasser les faits par sa propre activité. Ainsi, on met une barre de liaison pour symboliser l'union de deux atomes ; ensuite on en met 2, on en met 3. Pourquoi pas 4 ? Dewar répond : « Un quatrième lien est impossible en l'absence d'une quatrième dimension puisque les orbitales le formant devraient être à angles droits de 3 lignes, elles-mêmes mutuellement perpendiculaires (1). » Ainsi, quand le symbolisme veut s'appliquer à des états nouveaux de la culture scientifique, il rencontre des limitations inattendues. La sévère cohérence des symboles scientifiques, le souci d'être tout proche de l'expérience, bref la double nécessité de se vérifier à la fois dans la cohérence et dans le détail des expériences a arrêté l'essor des conventions pragmatiques. Dans la science moderne, le symbolisme poursuivi dans des applications variées abandonne vraiment son caractère de *facilité*.

(1) M. J. S. DEWAR, *The electronic theory of organic chemistry*, Oxford, 1949, p. 8.

II

Au surplus on ne peut passer de la simple liaison à la double liaison comme on passe de *un* à *deux*. Ici, double ne veut plus dire deux fois un ; triple ne veut plus dire trois fois un. Certes on peut *compter* les liens, mais a-t-on pour si peu *mesuré* la liaison ? La simple *comptabilité* des liens va de pair avec la simple *description* des structures. Cette double simplification caractérise en somme les temps où l'on poursuivait l'idéal d'une Chimie *more geometrico*. Sans doute ces temps sont encore très proches de nous. Dans son *Précis de stéréochimie* (trad., p. 5), Hantzsch déclarait que la nouvelle science n'avait besoin « du moins dans son état actuel, d'aucune notion précise sur les actions intramoléculaires ». Elle pouvait être *pure géométrie*. Mais ce stade historique est dépassé et l'on se rend bien compte actuellement que les phénomènes de la substance doivent être étudiés *more dynamico*. La matière est intimement dynamique. Seule une catégorie de substance-cause — ou pour parler moins philosophiquement, seule la catégorie d'énergie peut en expliquer les phénomènes. En particulier une description géométrique d'une molécule doit être considérée comme une instance méthodologique provisoire. Une telle description est le résumé provisoire des connaissances sur les phénomènes de la matière. Maintenant, on est sûr qu'elle n'est pas connaissance première. Quelque autre connaissance l'a précédée. Tant qu'il s'agissait des fleurs et des fruits, des cristaux et des ailes, des arbres et des insectes, la science dessinait, la science décrivait. Mais, maintenant qu'il s'agit de structure intime, il faut inférer ; il faut construire des appareils, des instruments. Toute description géométrique est associée à des inférences dynamiques. Et ces inférences dynamiques prendront peu à peu le pas sur les descriptions purement et simplement géométriques.

Aussi, quelle transformation de la philosophie chimique quand on en vient, dans la chimie contemporaine, à parler de différentes valeurs du « caractère de double liaison » ! On substitue à l'image statique et à la numérotation arithmétique une détermination d'un caractère dynamique auquel on laisse le nom de « caractère de double liaison » mais auquel on enlève tout caractère figuratif. Certaines liaisons moléculaires manifestent ce caractère d'une manière accentuée : elles sont des liaisons quasiment doubles. D'autres liaisons ne paraissent pas manifester ce caractère de double liaison : elles sont des liaisons quasiment simples. Et quand on examine le caractère des liaisons chimiques, tous les intermédiaires entre un et deux, entre le caractère de simple

liaison et le caractère de double liaison doivent être posés, jusqu'à plus ample informé, comme possibles. On peut alors tracer une *courbe* qui représente la variable continue qu'est « le caractère de double liaison » en fonction de cette autre variable continue qu'est la distance des deux atomes solidarisés par la liaison. On verra une telle courbe dans l'article de Daudel paru en 1947 dans l'ouvrage : *Mécanique ondulatoire et Chimie* (p. 48).

Ainsi cette courbe peut renseigner sur le caractère structural de la molécule en fonction du caractère dynamique de la liaison. C'est ici le *dynamique* qui désigne le *géométrique*. « A partir de cette courbe, dit Daudel (*loc. cit.*, p. 48), on peut évaluer la distance quand on connaît le caractère. » Les déductions vont donc bien ici juste à l'envers de déductions à partir de la structure. Ces recherches sur les caractères dynamiques des liaisons chimiques se développent dans des régions différentes des sciences physiques et chimiques, telles que l'étude des chaleurs de dissociation, les expériences sur les spectres infra-rouges, sur l'effet Raman... Nous aurons à caractériser ces enquêtes dans un chapitre ultérieur. Ce qu'il nous importait d'indiquer ici c'est que les conceptions élémentaires sur les doubles liaisons chimiques ne sont plus tenables.

Il faut chercher de nouvelles bases théoriques pour essayer d'obvier aux difficultés que nous avons esquissées. Les doctrines de la mésomérie constituent une large section des recherches faites en ce sens. Essayons donc maintenant de les caractériser d'un point de vue philosophique aussi général que possible.

III

Dès le début de la chimie classique on a reconnu qu'une analyse chimique qui se bornait à déterminer les proportions des différents corps simples entrant dans la composition d'une substance ne suffirait pas toujours à déterminer toutes les propriétés de cette substance composée. Ces substances de même composition ayant des propriétés différentes furent dites isomères. L'isomérie est précisément un phénomène de la structure. Entre deux molécules isomères, il y a une différence dans la localisation d'un atome. Qu'on se reporte page 157 où nous avons donné deux molécules isomères. En gros, c'est *entre* deux ou plusieurs molécules isomères que vont se poser les problèmes de la mésomérie. C'est là que va s'imposer une sorte d'estompage de la notion de structure.

En somme, la conception rigoureusement géométrique des

atomes et des molécules vient de se révéler comme une simplification excessive. La notion d'étendue ne peut, à elle seule, et d'une manière univoque, fixer les *formes mêmes* des organisations matérielles. On s'était trop commodément habitué à cette vue de l'esprit où l'on séparait les problèmes de la forme et de la matière et où l'on prenait la molécule pour une forme où il se passe quelque chose. En fait la *forme n'est qu'un instant dans un processus de déformation*. D'ailleurs le seul fait qu'on ait découvert les raisons électroniques des affinités chimiques conduit à reviser la notion de structure puisqu'un des principes fondamentaux de l'électronique, c'est la rupture avec toute notion de *localisation absolue* pour l'électron. A un électron on ne peut jamais fixer une place absolument précise. La géométrie qui décrit une organisation d'électrons ne saurait être qu'une *géométrisation du voisinage*. C'est ce *voisinage* qui se structure suivant certaines lois, lois qui déterminent quelques différences dans le comportement de certains groupes d'électrons. Nous verrons que, dans certains cas, des électrons acceptent des voisinages plus serrés, dans d'autres cas, des voisinages plus détendus.

Aussitôt les possibilités de représentation augmentent. Alors entrent en scène non pas tant des structures que des moyennes de propriétés structurales.

La mésomérie est l'étude de phénomènes de ces moyennes. Cette géométrie moyenne de structures intermédiaires avec, pour les électrons, des règles de voisinage, pose des problèmes philosophiques qui demandent, pour être envisagés dans la diversité de leur signification scientifique, un assouplissement des attitudes philosophiques traditionnelles. Peut-être faut-il même accepter une philosophie mélangée, une mésophilosophie pour analyser philosophiquement les aspects complexes de la mésomérie.

Cette mésophilosophie est sensible dans les hésitations des chimistes eux-mêmes pour caractériser le climat de leurs recherches. Au cours des réunions d'études qui furent tenues en 1947 sous la présidence de Louis de Broglie, un des membres de ce petit congrès sur la mésomérie, A. Pacault, avait suggéré qu'on fit parmi les mésoméristes qualifiés un référendum pour savoir si la mésomérie correspondait à un phénomène réel ou si elle était une méthode de recherche. Phénomène ou méthode, voilà de quoi placer, dans l'intermédiaire, toutes les philosophies de la connaissance.

En fait, même dans ce congrès réduit, il semble que les avis fussent partagés, les uns penchant pour le caractère réalistique, les autres pour le caractère méthodologique. Outre qu'il est sympto-

matique que la question fût posée, il faut bien reconnaître que la division ne correspond pas à des préférences philosophiques. Même ceux qui choisissent sont travaillés par une division philosophique intime. Un chimiste ne peut jamais renier totalement le réalisme. Ce sage attachement au réel qui caractérise le savant donne plus de sens aux précautions d'un chimiste comme Raymond Daudel. Dans le référendum de Pacault, Daudel vote « méthodologiste ». Il écrit (*loc. cit.*, p. 44) : « la mésomérie n'est pas un phénomène mais un procédé de raisonnement ». Dans sa conférence reproduite dans l'ouvrage : *La mésomérie*, Daudel dit aussi nettement (p. 70) : « La mésomérie n'est pas un phénomène, mais seulement une des trois façons d'étudier les molécules : la méthode des paires électriques, la plus ancienne de toutes ; la méthode des orbites électroniques et la méthode de la mésomérie. Cette dernière est sans doute la plus parfaite. »

Au contraire, dans le référendum de Pacault, Rumpf eût voté, semble-t-il, réaliste. Il disait en effet en 1946 : « La mésomérie est un phénomène électronique (1). »

Et voici, pour sensibiliser le référendum Pacault, un avis partagé. Dans la deuxième édition de son admirable ouvrage, Linus Pauling disait déjà, en 1940 : « On se demande souvent si oui ou non les structures figurant la constitution d'un système en résonance (*autre expression pour désigner des systèmes mésomères*), par exemple, les structures de Kekulé pour la molécule de benzène, doivent être considérées comme une réalité. Dans un certain sens la réponse à cette question doit être affirmative. Mais la réponse serait formellement négative si l'on attribuait à ces structures le sens ordinaire qu'on leur attribue en chimie. Une substance présentant de la résonance entre deux ou plusieurs structures des liaisons de valence ne peut contenir des molécules avec les configurations et les propriétés généralement attribuées à ces structures. Les formules de constitution de la résonance hybride n'ont pas de réalité dans ce sens (2). »

On le voit, l'avis de Pauling est mitigé. Tout est nuance dans un tel avis. On sent combien la science est prudente dans l'application de ses concepts. Nous sommes bien loin de l'opinion que certains philosophes étrangers à la culture scientifique se font du prétendu dogmatisme de la science. Le philosophe ne devrait-il pas s'émerveiller de voir tourner, délicatement, à propos d'un

(1) RUMPF, Les Bases expérimentales de la notion de mésomérie, apud *Bulletin de la Société chimique de France*, 1946, p. 12.

(2) LINUS PAULING, *La nature de la liaison chimique et la structure des molécules et des cristaux*, trad. 1949, p. 427.

problème scientifique précis, le kaléidoscope des philosophies ?

A propos de cette molécule de benzène à laquelle Pauling vient de faire allusion et qui nous servira souvent d'exemple dans ce chapitre, on peut noter de véritables oscillations historiques. Devant l'impossibilité de trouver, dans la molécule de benzène, des phénomènes relatifs à la disubstitution, phénomènes que suggérerait le symbole classique de Kekulé, on finissait, dit Rumpf (*loc. cit.*, p. 2), « faute de mieux, par conserver la formule de Kekulé, sans attacher la moindre importance à la position des doubles liaisons. Le plus souvent même, on se contente d'un simple hexagone dont le tracé sommaire ne suggère rien qui soit contredit par les faits expérimentaux ». Autrement dit, au lieu du schéma complet de Kekulé (fig. a) on se borne au schéma sim-



fig. a



fig. b

plifié (fig. b). On a effacé les signes de doubles liaisons puisque ces signes suggéraient des recherches sans résultat. Ainsi l'échec réaliste d'une représentation renforce le caractère purement conventionnel des schémas. Il semble que le chimiste fasse alors une sorte de repli stratégique, qu'il retourne à une philosophie chimique amoindrie, à une philosophie qui se contente d'un simple formalisme. Mais précisément ce retour en arrière n'a qu'un temps. Les doubles liaisons ont bien pu être effacées du schéma, elles n'en posent pas moins des problèmes ; elles sollicitent une refonte du schématisation, une révolution du schématisation, voire une installation de *non-schématisme*, ce terme étant pris dans le sens dialectique où les mathématiciens instaurent un non-euclidisme qui n'enlève rien aux vérités euclidiennes. En particulier l'hexagone mutilé de la figure b s'il ne dit pas tout, dit beaucoup de choses ; il coordonne bien des pensées, il coordonne bien des expériences. Il est suffisant pour régler un large secteur de recherche. Il faut donc bien comprendre que ces oscillations entre schéma plus engagé et schéma moins engagé, ces récurrences vers le conventionalisme et ce redépart vers le réalisme sont la vie même de la pensée scientifique. Le philosophe aurait tort de formuler ses jugements de valeur sur la pensée scientifique en ne considérant qu'une phase de ces oscillations.

D'ailleurs si étendu que soit le spectre des interprétations philosophiques sur de tels problèmes, tout savant au courant des

difficultés que pose la double liaison, tout mésomériste sait bien que la pensée scientifique reste assurée qu'elle tient là un cycle de questions bien définies. Les avis les plus divers peuvent se croiser : il n'en reste pas moins qu'il y a là *unité de discussion*. C'est un caractère qui ne se manifeste pas aussi communément qu'on pourrait le croire. Cette unité de discussion, si caractéristique de la coopération scientifique moderne, permet d'écarter les objections aberrantes telles qu'il s'en formule dans certains congrès de philosophes.

Cette éminente *unité de discussion* qui centralise les débats scientifiques est finalement un gage que la recherche scientifique vise un objet scientifique précis. Plus les discussions sont vives et nombreuses, plus l'objet de recherches se précise. On a coutume d'imaginer une spécialisation scientifique comme une ligne isolée de recherches. C'est tout le contraire : la spécialisation *centralise* de nombreuses lignes de recherches. Une spécialisation *concentre* la recherche. Elle *attire* les travaux. A propos des diverses tentatives pour expliquer les effets de mésomérie attribués aux diverses formules du benzène, que nous allons envisager dans un instant, Charles Dufraisse écrit (*La mésomérie*, p. 14) : « On pourrait presque donner comme mesures relatives des intensités des effets de résonance les nombres de mémoires consacrés à discuter ces structures. » L'humour de la formule ne doit pas tromper sur son double réalisme : réalisme matériel et réalisme social. Mieux, la formule de Dufraisse établit la conjonction si manifeste de ces deux réalismes par l'activité scientifique moderne.

Charles Dufraisse ajoute d'ailleurs, montrant l'extraordinaire puissance de conciliation de la théorie nouvelle : « La théorie de la mésomérie a l'avantage de supprimer l'objet de la controverse en mettant, chose rare, tous les auteurs d'accord, puisqu'elle accepte toutes les formules comme participant chacune plus ou moins à l'état normal de la molécule. Ce ne sont rien d'autre que les formules limites, dont chacune représente une approximation de l'état réel, mais aucune ne pouvant prétendre à s'identifier avec lui. L'état réel de la molécule est une sorte de portrait composite des diverses formules que l'on peut rationnellement lui attribuer. »

On se tromperait d'ailleurs si l'on voyait dans la mésomérie une sorte de compromis qui mettrait fin à de longues controverses. Paul Rumpf dit nettement (1) : « La mésomérie n'est pas un simple compromis destiné à clore de longues discussions sur des

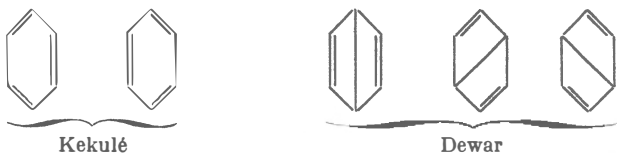
(1) *Bulletin de la Société chimique de France*, 1946. Paul RUMPF, *Les Bases expérimentales de la notion de mésomérie*, p. 1.

structures litigieuses. Si elle rend compte des réactions chimiques en utilisant, dans chaque cas, la représentation opportune considérée comme une *forme limite de transition*, cette conception foncièrement dialectique permet souvent aussi de circonscrire les domaines de validité de points de vue jadis opposés, en fixant dans quelle proportion des conditions données font intervenir les propriétés caractéristiques de chaque structure. La théorie du « weighting » (que l'on pourrait traduire par *théorie de l'évaluation*), à peine ébauchée mais déjà riche en promesses, tend à fixer quantitativement pour chaque paire d'atomes, par une sorte de coefficient de probabilité, la participation moyenne de chaque type de liaison à l'état mésomère résultant. »

Après avoir suivi les chimistes eux-mêmes dans les préambules philosophiques qui les mènent aux nouvelles doctrines de la pluralité des structures d'une même substance, nous allons essayer de donner une esquisse de ce *portrait composite* plus proche de la réalité que toute représentation géométrique. Nous prendrons l'exemple, désormais classique, de la molécule de benzène.

IV

Quand on accepte de représenter par deux traits parallèles les doubles liaisons du noyau de benzène, on obtient deux schémas de Kekulé et trois schémas de Dewar :



Une base de discussion plus complète devrait envisager d'autres formules, telles que celle de H. Armstrong reprise par Baeyer et appelée « formule centrique du benzène ». Mais seules sont *importantes* les formules dites canoniques, c'est-à-dire sans croisement de liaison. Nous excluons donc le schéma ci-contre. Comme la mésomérie est précisément une mesure de l'*importance* des formules limites, on peut écarter les formules de *moindre importance*. Comme nous le verrons, en nous limitant aux formules canoniques, aux deux formules de Kekulé et aux trois formules de Dewar nous obtiendrons une *première approximation*, d'ailleurs très satisfai-



sante, de la détermination du *complexe structural*, une première approximation de chimie mésomère.

On s'installera dans la conception de la mésomérie en faisant une sorte d'abstraction figurative, en déclarant qu'aucune de ces figures de Kekulé et de Dewar ne correspond à la réalité structurale (critique réaliste), en refusant aussi de faire un choix entre ces formules (critique méthodologique), bref, en faisant acte de mésophilosophie.

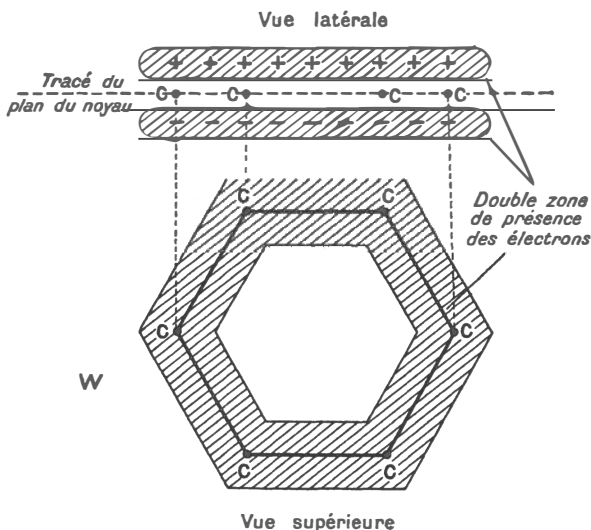
Une fois accomplie cette double abstraction, cette abstraction sur les deux bords, il faut s'interdire d'imaginer que la molécule *est* dans un *état* intermédiaire ; en fait, la molécule « hésite » toujours, comme dit Dufraisse, entre les 5 formules limites de Kekulé et de Dewar. Les doctrines de la mésomérie entreprennent, en quelque manière, de donner du corps à cette hésitation.

En particulier, on se tromperait si l'on gardait la notion de *structure définie* en imaginant que dans une foule de molécules, les unes sont dans un des états, les autres dans un autre, de sorte que les méthodes de la mésomérie relèveraient purement et simplement d'études statistiques. Par exemple, comme les formules de Kekulé ont un effet plus important que les formules de Dewar, un statisticien serait incliné à exprimer la mésomérie en disant que dans une foule nombreuse de molécules de benzène, il y en a un plus grand nombre dans l'*état* Kekulé que dans l'*état* Dewar. Non, c'est la notion d'*état* qu'il faut abandonner. Cette notion d'état est encore trop près de la notion de structure absolue ; elle utilise trop géométriquement la localisation.

Quand on aura compris que le phénomène de la mésomérie est le fait d'électrons plus libres, moins nettement localisés, que les doublets d'électrons qui déterminent les *liaisons simples*, on comprendra que les *liaisons doubles* ne peuvent être *placées* dans une géométrie aussi rigoureuse que la géométrie des simples liaisons formant la charpente hexagonale de *tous* les schémas attribués à la molécule de benzène. La mésomérie qui explique les doubles liaisons n'est qu'un corollaire de l'interdiction de localisation absolue, interdiction caractéristique de la physique de l'électron.

On est alors amené à considérer deux espèces d'électrons selon qu'ils doivent assurer la simple liaison ou la double liaison. Les électrons assurant la simple liaison — on les appelle électrons *s* — sont associés en un doublet, lequel est situé entre les deux atomes reliés. Ces doublets d'électrons *s* sont assez nettement localisés, assez *nettement* pour tenir *fortement* les 6 branches du cadre hexagonal de la molécule de benzène.

Les électrons assurant les doubles liaisons (il faut considérer ces doubles liaisons toutes ensemble puisqu'on ne doit pas les « placer ») seront moins localisés. On les appelle les électrons π . Comme ils sont moins *nettement* localisés, les liaisons qu'ils déterminent sont moins *fortes*, conclusion d'accord avec le principe de Heisenberg qui réunit indissolublement les caractères géométriques et les caractères dynamiques dans la physique de l'électron.



En fait, la « deuxième » liaison dans une double liaison est toujours plus faible qu'une liaison simple.

Dans le noyau de benzène, il y a 6 électrons π . Dans un article, clair et profond, Jean Guy donne la représentation ci-contre de la double zone annulaire où circulent les 6 électrons π de la molécule de benzène (1).

L'explication de la mésomérie par la mobilité particulière des 6 électrons π paraît toucher le fond des choses. Charles Dufraisse en fait la remarque (*loc. cit.*, p. 16) : « La résonance paraît tenir plus au nombre des électrons π , c'est-à-dire au nombre 6, qu'au nombre des chaînons du cycle. Un cycle pentagonal, capable de mobiliser librement sur son pourtour 6 électrons π , développe une

(1) Jean Guy, Applications de la mécanique ondulatoire à l'étude des propriétés de l'électron, des valences et de la structure des molécules organiques, apud *Revue générale des sciences*, n° 5 et 6, 1949, p. 115.

résonance qui n'est pas sans analogie avec celle du benzène. » Il semble ainsi que la *structure* du pentagone n'ait pas une valeur dominante d'explication, autrement dit, il semble que la *géométrie* du cinq cède le pas à une physique électronique du six, à une *dynamique* électronique du six. Dufraisse ajoute (p. 17) : « Cette propriété des 6 électrons en cycle (le sextet aromatique de Robinson) a été pressentie avant le concept de mésomérie. »

Ainsi, peu à peu, les théories diverses convergent. Cette convergence est un signe de leur valeur épistémologique. Elle doit servir d'argument contre le scepticisme que bien des philosophes professent contre les théories scientifiques, surtout contre les théories *difficiles*. On pense volontiers que les théories *difficiles* sont *artificielles*. Bonne excuse pour ne pas aborder la zone des *difficultés* ! Mais c'est dans cette zone, qu'on le veuille ou non, que la culture se développe et nous nous servirons de ce caractère *difficile* pour séparer, dans notre conclusion, la connaissance commune et la connaissance scientifique.

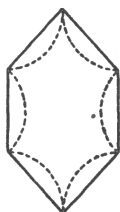
Outre ces convergences historiques comme celle du sextet aromatique de Robinson avec la théorie des 6 électrons π du benzène, il faut naturellement souligner l'importance de l'effort polyméthodologique qui aboutit à des confirmations remarquables. Telles sont les confirmations que la mésomérie reçoit de la magnétochimie et de la thermodynamique. « La magnétochimie et la thermodynamique, dit Pacault (*La mésomérie*, p. 44), semblent bien appréhender le même phénomène (que la mésomérie) par des moyens très différents. » Dans une philosophie chimique moins succincte que celle que nous esquissons, il faudrait un long chapitre pour exposer les recherches de la magnétochimie. Mais le simple rapprochement que Pacault fait des propriétés magnétiques des substances et de la mésomérie peut suffire pour suggérer que de telles propriétés sont en relation avec des propriétés dynamiques des électrons. Il y a là une preuve de la *dynamisation des qualités*, dynamisation sur laquelle nous reviendrons dans le chapitre suivant. Nous nous bornons, dans le présent chapitre, à donner une légère ébauche de la *dynamisation* de la propriété de structure, la structure étant finalement, comme la couleur, comme les propriétés magnétiques, un phénomène de l'énergie moléculaire.

Bien entendu, l'heure vient toujours des considérations de structure. Les schémas du chimiste, avons-nous dit en conclusion du chapitre précédent, sont plus que des conventions ; ils ont la juste ambition de s'approcher de plus en plus de la réalité. Le schéma que nous avons reproduit ci-dessus de la molécule de

benzène représentée par Jean Guy en projection horizontale et en projection verticale conduit à deux conclusions rigoureuses :

1^o La molécule de benzène est rigoureusement plane, plus précisément, les 6 atomes de la molécule sont dans un même plan. C'est d'ailleurs un fait digne de remarque que toutes les molécules où intervient la mésomérie sont toutes planes ;

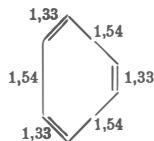
2^o Dans son plan, la molécule de benzène est parfaitement symétrique. En ce qui concerne la symétrie hexagonale parfaite, c'était une conclusion qui s'imposait aux chimistes *malgré* la représentation de Kekulé. Les schémas de Kekulé contredisaient cette symétrie du fait même qu'on y faisait figurer des doubles liaisons. Les doubles traits placés en symétrie trilatérale détruisaient la symétrie parfaitement hexagonale. On avait fait bien des essais pour établir des schémas pourvus de la symétrie parfaitement hexagonale imposée par l'expérience. Le plus célèbre essai de



symétrisation est celui des *valences partielles* de Thiele qui conduisait au symbole ci-contre où la valence de chaque double liaison est en quelque manière divisée en deux valences partielles partant des 6 sommets de l'hexagone.

Mais une telle figuration ne donnait pas de moyens de calcul pour apprécier le caractère énergétique des liaisons. Ce sont précisément les explications dynamiques qui permettent un approfondissement des notions et qui réussissent, semble-t-il, à « fonder » la structure.

Mais, puisque les progrès de l'expérimentation ont permis de calculer et d'observer les distances interatomiques de certaines molécules, il semble qu'on puisse passer d'un schéma kekuléen conventionnel à un schéma kekuléen plus réaliste. La distance interatomique dans le cas d'une liaison simple est en angström 1,54 et dans le cas d'une liaison double 1,33. Si l'on donne complète validité au schéma classique de Kekulé, il faudra donc représenter le noyau de benzène comme un hexagone déformé, où l'on a raccourci les 3 côtés de l'hexagone où l'on plaçait les 3 liaisons doubles. Le schéma réaliste correspondrait donc à la figure ci-dessus. Mais si l'on pouvait isoler ce corps (le cyclohexatriène), remarque Charles Dufraisse (*loc. cit.*, p. 12), « ce serait une substance très instable, se transformant en benzène résonnant normal, avec dégagement de 39 calories : une véritable réaction explosive ». Par « benzène résonnant normal », entendez la molécule



de benzène à la symétrie hexagonale parfaite avec 6 côtés mesurant chacun 1,54 angström.

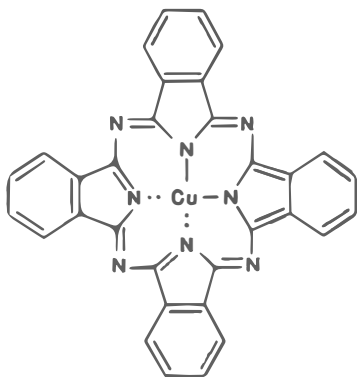
Voilà donc une raison dynamique directe qui dénie la réalité du schéma de Kekulé. Dynamiquement, le schéma non symétrique de Kekulé est une *absurdité*. La molécule de benzène ne pourrait se former sur le schéma classique de Kekulé : elle exploserait. Nous sommes là devant une exigence explicite nouvelle de la représentation des substances en chimie : la forme ne suffit pas pour *représenter* les substances ; il faut que la forme proposée soit compatible avec une *situation dynamique* à laquelle la chimie est de plus en plus attentive. Cette situation dynamique serait peut-être mieux représentée si l'on suivait la suggestion de Rumpf (*La mésomérie*, p. 32) qui dit l'intérêt qu'il y aurait « de substituer, aux modèles rigides de la stéréochimie, des assemblages de sphères élastiques ». De toute manière, la persistance d'une forme substantielle ne peut être posée sans un jugement de stabilité, jugement qui doit envisager une comparaison avec des structures plus ou moins déformées.

Il faut d'ailleurs se rendre compte que les conditions impliquées par la mésomérie sont dynamiquement importantes. La comparaison du cyclohexatriène kekuléen (corps hypothétique ou tout à fait instable — ces deux expressions étant, à des nuances philosophes près, synonymes) au benzène (corps bien réel et particulièrement stable) vient de nous prouver cette importance dynamique. C'est pourquoi Charles Dufraisse peut dire que la mésomérie est « un gros phénomène, dont les effets s'imposent à l'observation, même superficielle ».

« Ce gros phénomène, dit aussi Rumpf (*loc. cit.*, p. 2), réclame l'intervention d'une notion nouvelle et fondamentale : l'effet énergétique de la mésomérie. » Rumpf ajoute en note : « Cet effet est « d'autant plus accentué » que les structures ont des stabilités plus voisines, d'où l'expression « énergie de résonance » et le mot de « résonance », utilisés par certains auteurs étrangers pour désigner l'effet énergétique et la mésomérie elle-même, en vertu d'analogies superficielles avec le phénomène ondulatoire du même nom. » « Nous éviterons, continue Rumpf, cette terminologie fâcheuse qui suggère au lecteur non averti l'idée d'une oscillation rapide entre plusieurs structures (1). »

(1) Comme nous sommes obligé de citer des auteurs différents, nous ne pouvons prescrire les dénominations qu'ils choisissent. Nous gardons le mot « résonance » dans les textes où il figure. Mais nous attirons l'attention du lecteur sur la note de Rumpf qui arrête justement, croyons-nous, toute confusion. Plusieurs auteurs donnent un avertissement semblable à la remarque de Rumpf.

Ainsi, les effets énergétiques de la mésomérie sont spécifiques et ils sont considérables. Charles Dufraisse conclut (*loc. cit.*, p. 12) : « Cette libération d'énergie par établissement d'un état intermédiaire est ce qu'il y a de plus étonnant et imprévisible. Antérieurement, plusieurs auteurs avaient déjà émis l'idée d'un état intermédiaire pour la molécule correspondant à plusieurs formules électroniques, ou, comme on disait alors, présentant la tautomérie de valence ; mais aucune n'avait pu supposer que l'établissement de cet état intermédiaire fût exothermique, surtout à un tel degré. C'est donc ce qu'il y a de plus profondément original dans la notion de mésomérie ; mais, du point de vue pratique, c'est également ce qui a les conséquences les plus importantes pour le chimiste. »



« Toute perte d'énergie se solde, on le sait, par le passage à un état plus stable. Par suite, l'établissement de l'état résonnant comportera, comme conséquence inévitable, la stabilisation de la structure. Cet effet de stabilisation des structures par résonance est, à l'heure actuelle, la conséquence la plus nette et la mieux établie de la notion de mésomérie. »

Et Charles Dufraisse donne des exemples de formules très compliquées comme celles des phtalocyanines qui, du fait de la mésomérie, sont d'une stabilité remarquable. Ces corps, dit-il, représentent sans doute « le superlatif de la solidité ».

Rien de plus fructueux, pour un esprit philosophique, que de méditer sur un tel exemple. Il y pourra prendre une mesure de la puissance de construction du matérialisme instruit. Le philosophe est trop incliné à considérer les constructions complexes comme fragiles, réservant la permanence et la solidité pour les constructions simples. Il aura d'ailleurs à réfléchir sur ce concept : la solidité d'une molécule. Il ne s'agit plus là du concept que se forme l'*homo faber* bergsonien dans le maniement et la taille des solides. Avec les conceptions des chimistes est entrée en scène une sorte d'*énergie de la solidité*. Enfin, le philosophe qui aura jeté un coup d'œil sur la complexe rosace (fig. ci-dessus) de la formule donnée par Dufraisse sera étonné aussi d'apprendre que cette construction compliquée qu'il imagine faite difficilement pièce par

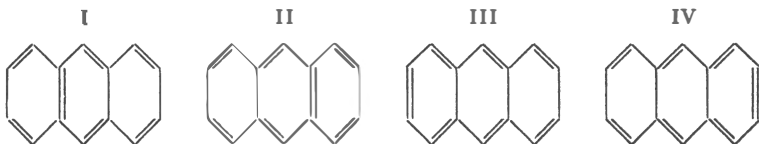
pièce par le chimiste est, somme toute, l'objet d'une synthèse assez facile. Il suffit, dit Charles Dufraisse (*loc. cit.*, p. 16) : « de chauffer le phtalonitrile dans un vase de cuivre ; 4 molécules se renversent l'une sur l'autre et complètent leur enchaînement en prenant aux parois l'atome de métal qui leur manque. Cette facilité de formation est un signe d'exceptionnelle stabilité. D'autre part la solidité des colorants de cette catégorie est telle qu'on les a proposés pour remplacer les pigments minéraux ».

A l'occasion de cette molécule où se totalise tant de science, nous permettra-t-on de jouer un instant avec les traditions ? Un des grands songes de l'alchimiste était le « retournement des substances » et le maître aimait répéter à l'adepte ce conseil essentiel : « Mets dehors ce qui est dedans, et dedans ce qui est dehors. » Le chimiste organicien accomplit cette prouesse. Il provoque le renversement des molécules sur elles-mêmes, et chaque molécule comprenant 56 atomes s'en va prendre très au-dehors, l'arrachant de la paroi du vase, un seul atome de cuivre pour le mettre au centre même de sa belle rosace dont le bouton vient ainsi de l'extérieur.

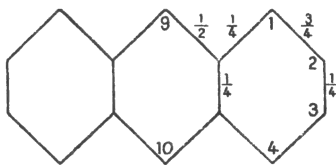
Et tout cela sans mysticisme, sans aucun appui sur les convictions profondes des lointains archétypes.

V

Pour donner une esquisse aussi simple que possible de la mésomérie nous avons pris comme exemple la molécule de benzène. Mais si l'on veut appliquer la méthode à des molécules un peu plus compliquées, les difficultés augmentent vite et l'on se trouve devant des calculs qui demandent des semaines et des mois. Et il peut y avoir danger à vouloir les simplifier. Donnons une idée de cette complexité de la chimie calculée. Prenons l'anthracène. On veut partir comme le fait Pauling des 4 formules principales suivantes :



On trouve alors des caractères de double liaison : $1/2$, $1/4$, $3/4$, $1/4$ distribués comme l'indique le schéma :



On en déduit alors des distances interatomiques. Cependant les nombres calculés ne coïncident pas avec l'expérience. La raison de ce désaccord provient du fait qu'on n'a considéré que 4 formules pour l'anthracène, alors qu'il y en a plus de 400. Ainsi le chimiste, avant la mise en train de la méthode mésomérique, est obligé à un choix qui ne va pas sans danger de simplification abusive. S'il se refuse à faire un choix — et il y a des cas où il doit se refuser de faire un choix — le chimiste se trouve devant une immense pluralité d'équations qui défie, semble-t-il, toute puissance de calcul.

Cette énormité des calculs est sans doute un trait nouveau dans le rationalisme scientifique appliqué à l'expérience de la matière. Pour établir les diagrammes fixant nos connaissances sur les densités électroniques autour des noyaux d'une molécule, diagrammes qui résument les expériences de diffraction des rayons X dans les cristaux, on est conduit à calculer les termes d'une longue série triple de Fourier. Pascaline et Raymond Daudel (1) rappellent que les « opérations arithmétiques nécessitées par ce travail portèrent sur 70 000 000 de termes ». Les calculateurs de la sociométrie sont encore bien loin de l'audace des calculateurs de la molécule ! Le passé du calcul mathématique n'a pas d'exemple de calcul si énorme. Quand Ludolf de Cologne, au début du XVII^e siècle, calcula le nombre π jusqu'à la trente-deuxième décimale, il désira qu'on gravât cette prouesse sur la pierre de son tombeau. Le calcul des diagrammes électroniques est une autre histoire. C'est bien là un travail *surhumain*. Ce travail surhumain a été effectué par des machines à calculer du type Hollerith à cartes perforées. Les machines à calculer réalisent vraiment une transcendance du calcul humain.

Nous parlions dans un précédent chapitre de ces étonnements de culture théorique qui, comme des électro-chocs, bouleversent

(1) Pascaline et Raymond DAUDEL, *Les apports de la mécanique ondulatoire à l'étude de la molécule*, 1950, p. 14.

des rationalités périmées et déterminent de nouvelles organisations rationnelles du savoir. Ne peut-on de même parler ici d'un étonnement de la culture technique. Comment ne pas être surpris, merveilleusement surpris, par cette convergence technique où des machines à calculer *électroniques* viennent calculer les *densités électroniques* des molécules chimiques. Il y a là une sorte d'homogénéité des moyens et des fins qui doit retenir l'attention du philosophe. Dans notre livre : *Le rationalisme appliqué*, nous avons proposé de segmenter le rationalisme en régions. En particulier, nous indiquions sous le nom d'*électrisme* un secteur autonome de la pensée et de l'expérience. La chimie de l'électron nous suggère de même des coordinations bien spécifiques. Il y a un sens à parler du rationalisme de l'électron, à désigner, nous semble-t-il, comme un secteur du rationalisme appliqué : l'électronisme. Les techniques si spécialisées auxquelles nous venons de faire allusion ne peuvent être jugées en continuité avec les techniques mécaniques.

Il est à peine besoin de signaler que de telles connaissances et de telles techniques ne peuvent s'acquérir et se manier qu'au sein même de la cité scientifique, au point même de la culture longuement acquise par les efforts de plusieurs générations. Le caractère social de la science — nous l'avons dit bien des fois — est désormais un caractère fondamental de la science contemporaine.

CHAPITRE VI

LE RATIONALISME DE L'ÉNERGIE EN CHIMIE

« Mais avant ? Rien qu'elle : une énergie
sans âge. »

Robert GANZO, Colères, IV.

I

Le concept d'énergie, à le prendre dans son acception scientifique précise, est une acquisition essentiellement moderne. Pour un physicien, pour un mathématicien, ce concept est maintenant si net qu'on peut le mettre — qu'on doit le mettre — au rang des concepts fondamentaux, en lui donnant son entier statut scientifique, c'est-à-dire en le séparant de tout rapport avec les notions communes, en arrêtant toutes les résonances d'un mot qui se perd dans le vague et la multiplicité des images, dans la facilité des métaphores.

Certes, de ce concept scientifique désormais très net, on pourrait décrire une confuse histoire ; on pourrait, en particulier, retracer les difficultés dernières de sa prise de netteté. Par exemple on toucherait un point sensible de l'évolution des idées en étudiant la notion sous sa forme mécanique, déjà très rationalisée, dans les rapports de la mécanique de Descartes à la mécanique de Leibniz (1). Les débats sur la notion de *force vive* ont été très nombreux, très mêlés. Il y aura toujours intérêt, dans une prise de culture, à revivre de telles polémiques. Mais notre but, dans ce chapitre, est de partir de l'esprit scientifique constitué. Une trop longue histoire troublerait cette déclaration de *primauté rationnelle* qu'il nous faut faire pour prendre le départ de la science énergétique moderne, pour comprendre l'organisation essentiellement énergétique de la matière.

(1) Les bons livres abondent qui étudient cette période. Voir en particulier : Ernest MACH, *La mécanique*, trad., 1925. René DUGAS, *Histoire de la mécanique*, 1950. Les philosophes liront avec intérêt l'ouvrage de Martial GUEROULT, *Dynamique et métaphysique leibniziennes*.

Du point de vue philosophique, le matérialisme énergétique s'éclaire en posant un véritable *existentialisme de l'énergie*. Dans le style ontologique où le philosophe aime à dire : l'être *est*, il faut dire : l'énergie *est*. Elle *est* absolument. Et par une conversion simple, on peut dire deux fois exactement la même chose : l'être est énergie — et l'énergie est être. La matière est énergie.

Aussitôt le règne de l'*avoir* est renversé. Il est renversé de fond en comble, non pas seulement au profit de l'être, mais au profit de l'énergie. L'énergie est le support de tout ; il n'y a plus rien derrière l'énergie.

On disait jadis : la matière *a* une énergie ; on attachait une énergie à la matière comme on attelle un cheval à une charrue. Ce faisant, on limitait, par une dialectique rapide, la notion de matière à son caractère de matière *inerte*, de matière pour laquelle on n'a pas besoin d'envisager une énergie *interne*. Certes, on avait raison de choisir cette limitation, d'imposer cette dialectique dans certains secteurs de l'organisation scientifique, dans un rationalisme régional comme la mécanique rationnelle où il est indifférent de savoir si le mobile du mouvement est en fer, en pierre ou en cuivre. Mais ce matérialisme extérioriste, ce matérialisme de la matière résumée en son inertie, de la matière qu'on pose comme dépourvue d'énergie interne n'est plus suffisant dès qu'on aborde la science chimique contemporaine, dès qu'on veut prendre connaissance, non pas seulement des phénomènes chimiques, mais de la dynamique même des phénomènes chimiques, dynamique qui, en apportant la véritable explication de la phénoménologie matérialiste, ouvre la voie à des réalisations toutes nouvelles.

Ainsi la racine essentiellement énergétique des phénomènes chimiques s'impose à la recherche. Nous entrons dans une région de l'expérience où le strict phénoménisme, celui qui professe se désintéresser des causes profondes, ne saurait plus être qu'une clause de style. On peut bien dire encore que telle substance présente tel et tel phénomène. Mais le phénomène n'est pas une simple apparence qu'on peut se borner à décrire ; il est la manifestation d'une énergie ; les réactions chimiques sont des rapports d'énergie. Si l'on ne connaît pas ces rapports d'énergie, on ne peut exploiter toutes les possibilités d'action que nous avons désormais pour la création de substances nouvelles. Dès lors, un philosophe qui reconnaîtra l'instance profonde qu'est l'énergie, un philosophe qui suivra la pensée effective du chimiste contemporain devra convenir que l'énergie joue désormais le rôle de *la chose en soi*. Cette vieille notion, dont on a si souvent dénoncé le caractère de monstrueuse abstraction, la voici toute concrète. Du moins, on

peut placer l'énergie philosophiquement comme on plaçait la chose en soi : elle est le support fondamental des phénomènes. De toute façon, si l'on tient à laisser dormir dans leur passé les vieux fantômes de la philosophie, il faudra toujours convenir que l'énergie est la réalité à étudier en *deuxième position*, après sans doute qu'on a décrit les phénomènes résultant des réactions chimiques, mais avec une nécessité inéluctable dès que l'on veut *comprendre* les phénomènes dans leur fond, à la fois dans leurs causes profondes et dans leurs raisons fondamentales. Le matérialisme a un fond d'énergétisme. C'est par les lois de l'énergie que l'on peut rendre compte des phénomènes de la matière.

II

Si l'énergétisme est si fondamental, il convient de mettre au rang des notions organiquement premières la notion d'énergie. Il faut donner à cette notion son plein statut de *notion de base*, c'est-à-dire lui *conférer la simplicité*. Sans doute la pédagogie construit cette notion, comme si elle était complexe, à partir de la notion de force appliquée et d'espace parcouru ; la pédagogie l'analyse dans une formule des dimensions où interviennent les notions de masse, d'espace, de temps qui passent pour primordiales. Mais cette « analyse » ne prouve rien contre l'existence synthétique de la notion d'énergie. Au surplus, dans le domaine des atomes et des molécules, on ne pourra jamais transformer cette analyse toute conceptuelle de la notion d'énergie en une analyse réaliste. Toujours, dans le domaine de la chimie, il faudra prendre la notion d'énergie comme une primitive réalité. Dans la chimie, la force n'apparaît pas comme le produit d'une masse par une accélération suivant la définition fondamentale de la mécanique classique. Jean Thibaud en fait explicitement la remarque (1). Il rappelle que nous ferions fausse route si nous cherchions, à l'intérieur des noyaux, des descriptions géométriques et mécaniques pour expliquer les énergies de résonance : « Dans la mécanique quantique, qui admet seulement les énergies comme grandeurs déterminées... subsiste la seule possibilité de chiffrer les états d'énergie que présente un noyau au cours de ses transformations. »

Il ne convient d'ailleurs pas de considérer cette impossibilité d'analyse comme une condition désastreuse. Il ne faut pas croire

(1) Jean THIBAUD, *Puissance de l'atome*, p. 58.

qu'on se contente de la notion d'énergie comme d'un pis-aller. A l'usage, la notion de niveaux d'énergie devient si claire, sa puissance d'explication, tant dans la physique du noyau que dans la chimie de l'atome et de la molécule, devient si grande qu'il semble qu'on embarrasserait inutilement la science des phénomènes de la matière si l'on cherchait, suivant l'idéal cartésien, une réduction des phénomènes à des conditions spatio-temporelles. Ainsi tout va bien comme cela : la notion d'énergie prise comme notion de base fournit des explications lumineuses, dès qu'on accepte le règne de l'énergétisme. Il suffit de s'attacher à la nouvelle culture pour rendre l'esprit sensible à cette nouvelle lumière. Dans cette déclaration de simplicité fonctionnelle à l'égard d'une notion qui a été complexe dans sa formation historique, nous voyons un exemple manifeste de ce que nous avons appelé l'épistémologie non cartésienne. Dans un tel acte d'épistémologie non cartésienne, une notion complexe reçoit un brevet de simplicité.

D'ailleurs si l'on considère l'étroit rapport de la mécanique quantique avec le principe de Heisenberg, on voit que la quatrième inégalité lie l'indétermination de l'énergie à l'indétermination du temps :

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2\pi}$$

Dans une telle inégalité, énergie et temps apparaissent dans la même primitivité. Pour comprendre leur corrélation dans l'inégalité fondamentale de Heisenberg, il faut prendre énergie et temps concurremment, sans donner à aucune des deux notions un privilège de simplicité.

Quelle mine de pensées le philosophe trouverait s'il voulait méditer cette subtile dialectique de l'énergie et du temps qui s'articule sur la quatrième inégalité de Heisenberg, ensuite des 3 inégalités formulant la dialectique de la vitesse et de l'espace ! En prenant la quatrième inégalité comme un axiome, il faudrait que le philosophe conjoigne toujours les analyses temporelles et les analyses énergétiques. Les conjoindre et cependant les opposer en raison même de leur finesse, la précision d'une des deux analyses étant automatiquement payée par une imprécision de l'autre. Tout le bergsonisme pourrait ici être repensé en une dialectique du temps et de l'énergie, en une dialectique de la durée et de l'intensité.

Mais ce n'est pas le moment pour nous d'étudier le passage de la microphysique à la micropsychologie. Revenons à nos molécules.

III

Il convient précisément de bien voir dans quelles conditions le principe de Heisenberg peut être appliqué à la science moléculaire. Nous ne pouvons naturellement pas étudier ces conditions en détail. Une telle étude ne pourrait se développer que comme un commentaire philosophique perpétuel des progrès de la chimie contemporaine. Tout esprit philosophique qui se mettrait à l'école de la science verrait combien la science contemporaine est philosophique en son fond. Nous sommes obligé, dans ce court essai, de nous borner à indiquer une grossière classification des problèmes.

La complexité des problèmes tient précisément au fait que le domaine moléculaire est le domaine où viennent s'unir la macro-physique et la micro-physique. En simplifiant les choses, on peut dire en effet que les noyaux que constituent les atomes réunis dans la molécule relèvent, quant à leur groupement, de la macro-physique, tandis que tous les électrons qui accompagnent ces noyaux et qui unissent chimiquement ces noyaux relèvent de la mécanique quantique. En d'autres termes, les noyaux sont trop lourds pour être affectés par l'indétermination de Heisenberg ; en revanche, les électrons sont trop légers pour s'accorder avec les principes de la mécanique classique : ils sont régis par le principe de Heisenberg.

Voici d'ailleurs des conséquences de cette division.

Puisque l'indétermination de Heisenberg ne touche guère les noyaux de la molécule, il y a un sens à parler de la localisation des atomes dans la molécule. *La molécule a une structure.*

Au contraire, puisque l'indétermination de Heisenberg touche les électrons, puisque les électrons ne sont pas soumis aux principes de la localisation commune, on ne peut parler d'une structure électronique véritable, et nous avons vu, dans un chapitre précédent, que les « cartes » moléculaires ne pouvaient représenter que des courbes d'iso-densité électronique autour des noyaux *localisés*.

Mais quelle est finalement la plus intéressante des deux cartographies ? Celle qui donne avec une grande exactitude la place des atomes dans la molécule, ou celle, plus floue, plus conventionnelle, plus indirecte, qui compute des probabilités de présence pour les électrons de liaison ?

La réponse est, semble-t-il, en faveur de la seconde cartographie. La première cartographie répond à la question *comment*.

La seconde donne le *pourquoi* du comment. En effet les connaissances structurales nous disent bien comment les atomes sont placés dans la molécule ; elles ne nous disent pas pourquoi ces atomes s'y trouvent *plus ou moins fortement* réunis. C'est donc à l'égard du *pourquoi* que les représentations de densité électronique deviennent de jour en jour plus précieuses et plus explicites. Ce sont elles qui nous font apercevoir les *conditions dynamiques de la structure*.

Nous comprenons maintenant pourquoi, avant les conceptions de la dynamique électronique, les représentations des liaisons chimiques ne pouvaient être que des représentations statiques, des dessins de « squelette » ; pour en voir la *réalité complète* il fallait découvrir que cette réalité relève de la réalité de l'énergie, ou mieux encore, d'un énergétisme électronique.

Et puisque nous mettons ici la philosophie chimique en diptyque, accentuons l'opposition des connaissances structurales et des connaissances énergétiques.

Dans la molécule, où sont les noyaux ? La réponse est précise : là et là. Dans la molécule, que font les noyaux ? Rien.

Dans la molécule, où sont les électrons ? La réponse est imprécise : çà et là. Dans la molécule que font les électrons ? Tout.

Bien sûr, à peine ce diptyque est-il présenté qu'il faudra l'estomper. Il faudra en particulier reconnaître que les noyaux des atomes tiennent solidement leur cortège d'électrons intérieurs, laissant seulement à quelques électrons périphériques la charge d'établir des liaisons avec les noyaux voisins. Il faudra ainsi reconnaître que les noyaux maintiennent une individualité pour les atomes, de sorte que l'on pourra retrouver intégralement les atomes, par analyse, en brisant les liaisons chimiques, en rappelant les électrons périphériques pour les réintégrer dans le domaine proprement atomique.

Il n'en reste pas moins que la rapide division que nous venons de présenter sépare le règne de la molécule en ces deux aspects : l'aspect anatomique et l'aspect physiologique. L'étude des *fonctions chimiques* ne ressortit pas à une anatomie des structures ; on ne peut pas complètement les comprendre si on les considère comme des juxtapositions d'atomes ou de groupes d'atomes. Il faut en venir à considérer la molécule comme un champ de force, comme un domaine où s'échangent des énergies. L'*énergie* est le véritable lien. C'est la réalité dynamique fondamentale.

Et la molécule est un merveilleux domaine où l'énergie se *structure*. La molécule ne subsiste qu'en trafiquant de l'énergie, en allant sans cesse d'une structure d'énergie à une autre. Elle reçoit

de l'énergie de l'extérieur, la garde, la renvoie, la transforme. La molécule correspond vraiment à la dialectique de la matière et de l'énergie. Elle réalise la synthèse de cette dialectique. Elle est vraiment le nœud de l'*activité matérielle*. L'étude de la molécule doit donc apporter de nombreuses leçons au *matérialisme actif*, au matérialisme de l'activité de la matière.

Nous allons essayer de situer le problème de l'énergie moléculaire dans l'ensemble des conceptions de l'énergétique.

IV

Dans la science contemporaine, les connaissances sur l'énergie ont reçu une grande impulsion des conceptions nouvelles sur l'énergie rayonnée. Plus précisément, la conception de l'énergie quantifiée par Max Planck a entraîné une double révolution dans les connaissances de la matière et du rayonnement.

Le rayonnement, dans la science de nos jours, est peut-être l'entité physique la plus nettement rationalisée. Cette entité est pour ainsi dire totalement définie par sa variable essentielle : la fréquence. L'immense variété des phénomènes des rayonnements est mise en un ordre parfait, sans ambiguïté possible, par la détermination de la seule variable *fréquence*. La notion de fréquence nous apparaît donc pourvue d'un véritable caractère d'*universalité objective*. Elle est un noumène indispensable pour comprendre les phénomènes du rayonnement. Il semble que cette notion de fréquence prenne le maximum de réalité en se présentant comme la base de l'énergie de rayonnement suivant la formule fondamentale de Planck :

$$E = h\nu$$

On peut bien désigner cette énergie qui se présente comme proportionnelle à la fréquence comme une *énergie fréquentielle*. La connaissance de l'énergie fréquentielle du rayonnement, nous le verrons dans un instant, permet d'intervenir finement dans l'entrecroisement des forces qui constituent l'*être dynamique* de la matière.

Au XIX^e siècle, pour apprécier ces forces, on ne possédait guère que la méthode de la thermochimie ; on n'étudiait l'énergie des molécules qu'en les détruisant. On déterminait leur « chaleur de dissociation », c'est-à-dire le nombre de calories qui étaient nécessaires pour séparer les atomes constitutifs. Mais comme on détruisait un grand nombre de molécules à la fois sans pouvoir les

compter, la thermochimie ne pouvait guère dépasser les bilans généraux, des bilans qui s'exprimaient au niveau de la molécule-gramme, c'est-à-dire à l'aide d'un concept artificiel, d'un concept qu'on n'espérait guère alors transformer pour l'appliquer à une molécule isolée (1).

Là, comme partout, la détermination effective du nombre d'Avogadro par Jean Perrin au début du xx^e siècle a réalisé un approfondissement prodigieux de la phénoménologie atomistique. Puisque la connaissance du nombre d'Avogadro donnait le nombre des molécules contenues dans un litre de gaz, puisque, d'autre part, l'expérience de laboratoire donnait l'énergie nécessaire pour dissocier les molécules contenues dans un litre de gaz, on pouvait, par une simple division arithmétique, connaître l'énergie de dissociation au niveau de la molécule isolée.

Insistons un peu sur cette révolution épistémologique qui va nous permettre de nuancer la philosophie réaliste. Avant de connaître effectivement le nombre caché correspondant à l'*hypothèse* d'Avogadro, on pouvait sans doute, en se confiant à une philosophie réaliste de l'atome, *penser* la dissociation au niveau de la molécule isolée, mais aucune justification expérimentale ne pouvait être donnée d'une telle extrapolation. La détermination effective du nombre d'Avogadro, en une sorte de contexte expérimental bien constitué, a permis, en toute sécurité, cette extrapolation. Les travaux de Jean Perrin ont ainsi, en quelque sorte, *donné une réalité au réalisme*.

Souvent le réalisme est une profession de foi qui ne rencontre pas son objet *réel*. L'atomisme, par les travaux de la physique contemporaine, a conquis son *objet réel*. Bien entendu, l'objet réel découvert par la science s'est révélé bien différent de l'objet postulé par les philosophes. Mais la foi réaliste, comme toutes les fois, n'est pas exigeante sur les preuves ; elle absorbe toutes les preuves de prime abord sans grand souci de suivre le détail des vérifications. C'est pourquoi tant de philosophes disent et répètent que l'atomisme scientifique a confirmé l'atomisme de Démocrite. Les choses ne sont pas si simples. Quand on suit le long effort de pensée et d'expérience des travaux de Jean Perrin, on ne peut manquer de saisir la nette différence philosophique qui existe entre un réalisme affirmé et un réalisme vérifié.

Mais les déterminations de la thermochimie portée au niveau du *réalisme absolu* par la connaissance du nombre d'Avogadro sont encore, en quelque manière, indirectes. La chimie quantique

(1) Sur ce concept voir notre ouvrage : *Les intuitions atomistiques*, chap. IV.

nous apprend à penser les détails de la dissociation moléculaire pour ainsi dire sur chacun des liens qui unissent les atomes dans une molécule particulière. La chimie quantique mesure l'énergie de ces liens en ergs. Ainsi la chimie quantique, vaste appareil de rationalité, s'adapte à un réalisme énergétique minutieux, réalisme qui va se déterminer non pas seulement globalement par la dissociation totale de la molécule, mais vraiment par une intervention intime en forçant la molécule à répondre point par point à un interrogatoire énergétique détaillé qui touche les liaisons les unes après les autres. Cet interrogatoire n'est possible que dans une connaissance dialectique du rayonnement et de la matière, dialectique qui est sans doute un des caractères les plus étonnants du matérialisme contemporain.

V

Essayons de donner une rapide ébauche des correspondances de la structure interne de la molécule et de la quantification du rayonnement absorbé ou émis par la molécule. On pourra voir dans cette ébauche une dialectique entre structure de substance et structure d'énergie.

Mais d'abord disons en quelques mots pourquoi, en première approximation, on peut laisser de côté l'énergie proprement thermique. Cette énergie thermique provient des chocs des molécules entre elles. Elle ne devrait être considérée que dans la mesure où ces chocs retentissent à l'intérieur de la molécule. Au surplus ces chocs intermoléculaires n'ont pas une énergie quantifiée ; ils ne peuvent déterminer que par exception des résonances intramoléculaires régulières. En d'autres termes, l'énergie thermique est relative à des *mouvements d'ensemble* de la molécule. Dans un mouvement d'ensemble de la molécule, la molécule est un mobile comptable de la physique et de la mécanique de la *continuité*. Son étude, touchant les phénomènes de la chaleur, est plus proche de la connaissance commune. Cette étude a pris place dès la fin du XVIII^e siècle et a donné, dans le courant du XIX^e siècle, une des plus belles et des plus solides doctrines de la physique classique : la théorie cinétique de la chaleur.

Remarquons, au passage, la nette segmentation de la phénoménologie qui s'opère à la limite même de la molécule. A l'intérieur de la molécule apparaît la mécanique quantique. A l'extérieur, la mécanique classique est valable. Vue de l'extérieur, la molécule n'est pour ainsi dire plus *chimique*. Elle n'a plus, pour

spécifier sa nature que sa masse. Corrélativement, il faudra arrêter la physique à la frontière du domaine moléculaire. Par exemple, on dit bien en physique : tous les corps se dilatent par la chaleur. Il faut ajouter : tous les corps se dilatent par la chaleur *sauf la molécule*. Le phénomène de la dilatation des corps ne vaut que pour un *ensemble de molécules*. En somme, ce qui se dilate dans les corps, c'est le vide, le vide qui sépare les molécules d'un ensemble de molécules.

Une fois écartées les considérations énergétiques qui touchent plutôt les actions mécaniques réciproques des molécules entre elles que la dynamique interne de la molécule isolée, voyons quelles sont les divers phénomènes intramoléculaires qui peuvent provoquer des rayonnements ou être provoqués par des rayonnements et nous renseigner sur le rationalisme de l'énergie moléculaire. Nous verrons qu'étant données les lois des échanges énergétiques, cette désignation d'un rationalisme ne force pas le sens qu'on peut attacher à toute organisation d'un domaine de rationalité.

Les phénomènes de l'énergie intramoléculaire peuvent être classés en 3 espèces :

1° Les *électrons* des différents atomes de la molécule gardent les possibilités de mutation d'états énergétiques qu'ils avaient dans l'atome. A vrai dire, ils ont été en partie redistribués par la constitution de l'ensemble des atomes en molécule. C'est sur la base de cette redistribution qu'en changeant d'état quantique les électrons donneront les spectres spécifiquement moléculaires. On désignera donc l'énergie mise en jeu dans ce cas comme une *énergie électronique* ;

2° Les *atomes* eux-mêmes, dans le domaine de la molécule, peuvent osciller autour de leur position d'équilibre. Ils manifestent une énergie qu'on désignera comme *énergie de vibration* ;

3° Enfin il peut y avoir des modifications discontinues dans la rotation de toute la molécule autour de certains de ses axes. On parlera donc dans ce cas d'une *énergie quantique de rotation*.

Il est bien entendu que les principes de la quantification sont imposés séparément à ces 3 ordres de phénomènes et qu'en particulier il n'y a rayonnement de quanta d'énergie que lorsqu'il y a des changements discontinus dans la distribution des électrons, dans l'état de vibration des atomes, dans l'état de rotation de la molécule. Ainsi électrons, atomes contenus dans la molécule et la molécule elle-même émettent des quanta d'énergie à l'occasion d'une triple discontinuité. Il semble que la situation dynamique de la molécule doive être d'une complication inextricable. Mais il

se trouve que les quanta d'énergie provenant de ces 3 phénomènes quantiques ont des ordres de grandeur nettement différents. En gros, les quanta d'énergie d'origine électronique sont 100 fois plus grands que les quanta d'énergie de vibration, eux-mêmes 100 fois plus grands que les quanta d'énergie de rotation. En nous rappelant la formule fondamentale des rayonnements :

$$E = h\nu$$

nous voyons donc que les rayonnements provenant de la première cause ont une fréquence, en gros, 100 fois plus grande que les rayonnements provenant de la deuxième cause, et que les fréquences de ceux-ci sont elles-mêmes 100 fois plus grandes que les fréquences dues à la troisième cause.

Cette mise en ordre, tout arithmétique, est en quelque manière encore accentuée parce que ces 3 ordres de grandeur agissent dans 3 régions spectrales que nous pouvons distinguer facilement dans l'expérience technique.

Malgré ce classement qui permet une étude des phénomènes en 3 parties bien séparées, il subsiste des phénomènes qui peuvent être comptables de plusieurs raisons de variations énergétiques. Par exemple les raies spectrales électroniques peuvent être accompagnées d'une structure fine provenant de l'adjonction, aux niveaux de structure électronique, de quanta d'énergie de vibration. Les phénomènes spectraux correspondant à l'énergie de la molécule sont donc d'une grande complexité. Corrélativement, en débrouillant cette complexité, on acquiert des connaissances de plus en plus précises sur les états énergétiques d'une molécule. C'est ici le pluralisme très grand des états énergétiques qui permet d'établir le rationalisme de l'énergie.

Mais instruisons-nous sur l'énergie des phénomènes moléculaires en considérant les *spectres de rotation* où, semble-t-il, la structure de la molécule n'est pas modifiée (ou est modifiée au minimum) et voyons comment ces spectres de rotation pure, situés dans l'infra-rouge, peuvent cependant nous apporter des renseignements sur la structure de la molécule.

On démontre en effet que l'énergie de rotation ne peut prendre que les valeurs :

$$\frac{h^2}{8\pi^2 I} \mathcal{J}(\mathcal{J} + 1)$$

$\mathcal{J}$ étant le nombre quantique de rotation. Ce nombre ne peut prendre que les deux valeurs $+1$ et -1 .

I est le moment d'inertie de la molécule autour de l'axe de rotation.

Les sauts d'énergie sont alors égaux à $\frac{h^2}{4\pi^2 I}$. Il en résulte des fréquences ν données par la relation :

$$h\nu = \frac{h^2}{4\pi^2 I}$$

Ainsi, la caractéristique de structure qu'est le *moment d'inertie* I est calculée à partir d'une détermination spectrale.

Pour une molécule diatomique, connaissant I et connaissant m_1 et m_2 , masses des deux atomes constituants, on a immédiatement la *distance* d de ces deux atomes par la formule :

$$d^2 = I \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)$$

On obtient ainsi — combien indirectement ! — la dimension des molécules. Par exemple, Champetier indique pour les molécules des acides halogénés les distances interatomiques suivantes :

Acide fluorhydrique	0,92	Angstrom
— chlorhydrique	1,28	—
— bromhydrique	1,42	—
— iodhydrique	1,62	—

Si l'on considère la longue préparation théorique qu'il a fallu pour arriver à de telles déterminations expérimentales, on ne peut plus méconnaître l'activité rationaliste de la chimie contemporaine. La perspective du rationalisme appliqué se présente même là avec une singulière profondeur. L'*objet* ne s'institue qu'au terme d'un long processus d'objectivité rationnelle. La distance qui sépare les deux atomes d'une molécule échappe évidemment à toute mesure *directe*. Comment saisir cet « objet » alors qu'il n'est jamais qu'un individu perdu dans une foule immense. Il est insaisissable. Si l'on veut être philosophiquement précis on ne peut vraiment pas désigner cet « objet » comme une *chose*. Ainsi une fonction de *première description* comme est la *longueur* d'une chose filiforme dans la connaissance commune est primitivement inopérante dans le monde moléculaire. On ne peut dire que c'est une *donnée* que d'une manière verbale, en supposant qu'il va de soi que toute chose a une longueur.

Ce serait donc assourdir les intérêts philosophiques de la recherche scientifique que de résumer, dans la seule philosophie du réalisme, la doctrine de la détermination de la longueur de la

molécule. Parler sur *résultats* voilà qui est à l'antipode d'une saine culture philosophique. Il faut là encore suivre le processus épistémologique qui mène à ce résultat particulier, car ce processus est déterminant pour d'autres résultats. En somme, on ne *mesure* pas la longueur d'une molécule, on *calcule* cette longueur. Nous avons là une nouvelle preuve de la suprématie moderne de la physique calculée sur la physique mesurée. Dans ce domaine de la molécule, l'aire des mesures est si éloignée de l'aire où s'expriment les résultats du calcul qu'on ne peut plus accepter une philosophie du donné.

Si nous pouvions d'ailleurs suivre en un long commentaire tous les circuits d'expériences et de pensées qui aboutissent à des résultats convergents, nous verrions que chaque circuit particulier apporte des nuances particulières. Ainsi l'examen des *spectres de vibration* conduirait aussi à déterminer la « longueur » d'une molécule biatomique. Mais alors il apparaîtrait nettement que cette longueur est solidaire d'un état de vibration, solidaire d'une énergie particulière. Nous verrions ainsi que ce sont bien les conditions énergétiques qui déterminent les structures géométriques. L'énergie doit être mise au rang des notions premières.

VI

Mais, faute de pouvoir suivre dans un livre de philosophie chimique tout cet immense travail sur les spectres moléculaires, attirons l'attention sur un caractère particulier de la chimie quantique. En somme, la chimie quantique a deux caractères philosophiques principaux : elle est fondée, comme nous venons de l'exposer brièvement, sur la quantification de l'énergie — et, deuxième caractère, elle désigne l'*état réel* parmi une essentielle multiplicité d'*états possibles*. Elle a besoin de tracer *a priori* le plan de toutes les possibilités d'une réaction pour bien suivre l'évolution d'une réaction réelle.

Donnons une esquisse de cette mise en plan des possibilités de réaction chimique en nous inspirant des pages de Dewar (*loc. cit.*, pp. 25 et suiv.).

L'application de la théorie quantique à l'étude des réactions chimiques, rappelle Dewar, a été tentée d'abord par Heitler et London et leur théorie reste fondamentale. Heitler et London considèrent une réaction très simple qui s'écrit en chimie élémentaire :



l'atome A remplaçant dans la molécule BC l'atome C qui se trouve libéré.

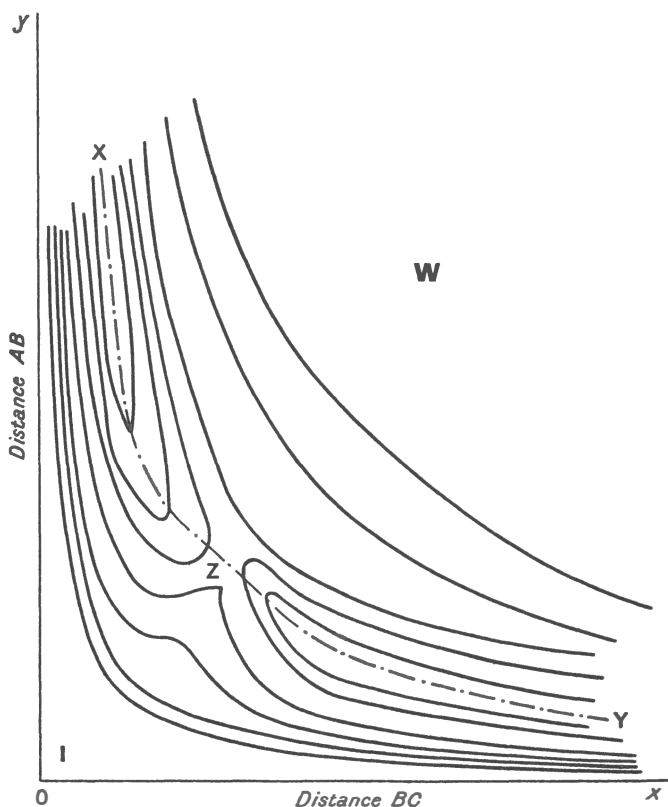
Si l'on indique la réaction sous son aspect électronique, on peut écrire :



L'atome A a primitivement un électron célibataire, B et C sont liés primitivement par une paire d'électrons. A la fin de la réaction, ce sont A et B qui sont liés par une paire d'électrons et C qui a un électron célibataire.

Pour que la réaction se produise il faut que les corps réagissent avec assez d'énergie pour que la liaison B — C soit rompue ; B, ensuite, se combinera à A.

Heitler et London firent d'abord une étude aussi totale que



possible de l'énergie du système des 3 atomes A, B, C d'après leur position respective. Ils prouvèrent que l'énergie d'un tel système est minima si les 3 atomes A, B, C sont en ligne droite. Puisqu'une énergie minima désigne un état stable, il convient d'étudier d'abord les configurations linéaires du système.

Cette configuration linéaire dépend alors évidemment de deux variables : la distance de B à C et la distance de A à B. L'énergie qui caractérise ce système dépend de ces deux distances. C'est une fonction de ces deux variables qu'on peut prendre comme deux coordonnées ; la fonction *énergie* doit alors être représentée par une troisième coordonnée. Il s'agit donc de tracer une carte qui donne le *relief de l'énergie* en fonction des deux distances interatomiques, le relief de toutes les *énergies possibles*. Cette carte en relief sera représentée par des *lignes de niveau* le long desquelles l'énergie du système reste constante. Comme les états énergétiques sont quantifiés, les courbes de niveau de la réaction chimique seront, par certains côtés, moins conventionnelles que celles par lesquelles on figure un relief orographique.

La carte a la forme ci-dessus.

Il faut la voir dans l'espace, il faut la lire en hauteur comme une carte d'état-major dressée en courbes de niveau.

La région blanche W est un haut plateau. Elle correspond à une énergie non quantifiée. Dans cette région les 3 atomes sont séparés par des distances trop grandes pour que la réaction chimique puisse se produire.

La région blanche I est une zone interdite : l'une au moins des deux distances AB et BC serait, dans cette région, plus petite que la somme des rayons atomiques, ce qui est évidemment impossible. Notons qu'au voisinage des axes Ox , Oy , les lignes de niveau se resserrent, la pente devient très grande, l'énergie devient rapidement croissante.

Entre les deux régions de grande énergie, entre les deux régions élevées W et I, tout géographe reconnaîtra la configuration de deux vallées qui se réunissent à leur sommet au col Z. Le chemin indiqué en pointillé est le « Thalweg » qui fait passer de la vallée X à la vallée Y.

C'est le long de ce Thalweg que se développe la réaction chimique α . En X, la distance BC était petite, B et C étaient liés en une molécule B : C, la distance AB était grande, A était libre. En Y, la réaction a eu lieu, la distance AB est devenue petite, A et B sont liés en une molécule A : B, la distance BC est devenue grande, donc C est libre. En Z, au col, les distances de B et de C d'une part, de C et de A d'autre part sont comparables. C'est au

col que se décide la réaction. La « hauteur » du col Z est précisément l'énergie qu'il faut apporter pour faire franchir le col, pour passer d'une vallée à l'autre, pour permettre à la réaction de se produire.

La ligne du Thalweg XZY est la ligne d'évolution naturelle. Pour suivre un chemin différent, il faut monter la pente des bords de la vallée, autant dire qu'il faut « activer » le système A, B, C. L'on produit alors une molécule qui n'est pas dans l'état « normal », qui n'a pas l'équilibre intime de la molécule normale. Tout trajet qui quitte le Thalweg aboutit à une molécule excitée.

Quand le système est en Z, il est dans un état de transition. La distance AB et la distance BC sont l'une et l'autre trop grandes pour qu'on puisse parler d'un état *moléculaire*. En particulier les 3 électrons engagés dans la réaction électronique sont en voie de nouvelle répartition.

Cet état Z est un état d'équilibre. Cet état d'équilibre est instable, mais l'instabilité n'a lieu qu'à l'égard d'un déplacement possible du point figuratif sur la ligne XZY. Bref, la ligne pointillée XZY peut être appelée la coordonnée de la réaction, « the reaction coordinate ».

Le long de cette coordonnée de réaction, il n'est pas nécessaire, semble-t-il, de *briser* la molécule BC pour former la molécule AB. L'approche des atomes en réaction est, en quelque manière, plus douce le long du Thalweg. L'état transitoire est finalement un état où les électrons se réorganisent sans que les noyaux plus lourds aient à intervenir. Les électrons subissent une transformation électronique adiabatique, transformation moins brutale que celle qui exige des inversions de spins des électrons (reversal of electron spins). On comprend donc que ce soit le long de la coordonnée de réaction, le long du Thalweg de la carte de l'énergie, que s'accumulent les molécules. Sans doute un atome isolé peut s'en aller cheminant sur un sentier désert loin du chemin de la vallée. Mais on ne fait pas de chimie avec quelques atomes égarés ; la chimie étudie les lois de l'*atome-foule*. Et les atomes en foule suivent les chemins creux.

Qu'on ne nous accuse pas de jouer avec des images et de rêver sur carte. En fait, la carte en relief de Heitler et London résume toute la problématique de la réaction chimique. Cette carte permet d'étudier finement les états de transition. C'est dans ces états de transition qu'on peut se rendre compte de l'action des forces chimiques. Si nous voulons augmenter notre pouvoir d'intervention, c'est dans le devenir même de la réaction que nous devons

maintenant tenter d'agir. Encore une fois, nous devons conclure qu'une science des *résultats* est une science qui apparaît maintenant comme une science mutilée. Au matérialisme statique, le matérialisme de l'énergie adjoint un matérialisme activiste. C'est là un champ de recherches toutes nouvelles. Un philosophe qui se mettrait à l'école du chimiste moderne serait bien étonné en découvrant la prodigieuse variété des *devenirs* de la matière.

CHAPITRE VII

LE RATIONALISME DE LA COULEUR

« L'étain a la propriété d'exalter la couleur rouge des végétaux ; ce qui est connu des cuisiniers qui ne manquent pas de mettre une cuiller d'étain dans la compote de poires pour lui donner une belle couleur rouge. »

SAGE,
Analyse chimique et correspondance des trois règnes, 1786,
t. III, p. 210.

I

Une exposition complète des doctrines matérialistes devrait ouvrir un long débat philosophique sur la notion de *qualité*. Un tel débat se déroulant entre matière et qualité serait finalement plus serré, il toucherait des éléments plus concrets que le débat entre matière et forme. Il faudrait alors revoir la traditionnelle distinction des qualités premières et des qualités secondes. Il faudrait se demander si cette distinction n'est pas une simplification rapide fondée sur l'idéalité des formes et sur le sensualisme de certaines qualités. On pourrait alors susciter des inversions où les qualités secondes deviennent les qualités premières, et vice versa, car le seul fait que la chimie classique s'organise avec la notion de masse et non avec la notion d'étendue prouve que de telles inversions sont possibles. On retrouverait ainsi des dialectiques philosophiques sans nombre, des dialectiques un peu oisives, qui laissent, après débat, les adversaires sur leur position. Il nous semble plus profitable de suivre la dialectique éminemment progressive de l'histoire des sciences, d'étudier la notion de qualité matérielle sur le trajet même qui va du matérialisme naïf au matérialisme instruit.

Sur ce trajet, à titre d'exemple, nous n'étudierons qu'une qualité : la couleur. Et en montrant, à plusieurs points de vue, les déterminations rationnelles, nous espérons apporter des arguments pour la thèse — sur laquelle nous reviendrons dans notre

conclusion — qui pose une rupture entre la connaissance commune et la connaissance scientifique.

Nous allons étudier successivement cette rationalité de la couleur sous 3 formes :

1^o Sous une forme de physique quasi élémentaire ;

2^o Sous des formes proprement chimiques ;

3^o Dans la mise en ordre des caractères dynamiques fondamentaux des phénomènes de la couleur.

II

Tout un ordre de discussions philosophiques sur les qualités de la matière devrait être profondément modifié si les philosophes suivaient avec un peu d'attention sympathique le développement de la science contemporaine. On verrait s'introduire des nuances nouvelles dans la philosophie de la matière et dans la philosophie de la connaissance. En particulier, entre l'idéalisme et le réalisme, on verrait précisément s'installer un rationalisme solidaire d'une technique, rationalisme qui permettrait d'ordonner des discussions plus serrées que les affrontements métaphysiques traditionnels. Que donnerait, par exemple, dans les dialogues entre Hylas et Philonous, l'intervention d'un savant qui étudierait positivement la matière, qui étudierait la matière non pas simplement avec les yeux mais avec des instruments de plus en plus nombreux, de plus en plus précis ? Avec ce troisième personnage, apparaîtrait bien vite le caractère superficiel des opinions des deux philosophes de Berkeley. En effet, les pages du fameux dialogue prennent les problèmes, à strictement parler, à la *surface des choses*. Les dialogues de Berkeley s'établissent entre deux philosophes extrémistes : un homme qui croit *immédiatement* à la réalité de ce qu'il voit et de ce qu'il touche et un philosophe qui s'absorbe dans la conscience de la réalité première de son esprit. Les questions sont massives, les réponses dogmatiques. Le réaliste postule toute la réalité, l'idéaliste affirme tout l'esprit. Du côté réaliste, aucune allusion à l'expérience fine, à l'expérience rectifiée. Du côté idéaliste, aucune allusion à la *structure culturelle* de l'esprit. Aucun des deux philosophes n'est dans l'histoire de la pensée et de l'expérience humaines. On discute le problème de la connaissance du monde extérieur sans même invoquer la discursivité des connaissances. Quand on en vient à des exemples, on ne s'y tient guère : on passe d'une cerise à une flamme, d'une flamme qui brûle à une épingle qui blesse. N'importe quelle

matière pose, pour le philosophe, tout le problème de la matière. N'importe quelle connaissance pose, pour le philosophe, l'existence intégrale de l'esprit connaissant.

Combien serait plus instructive une confrontation toute proche des principes de la connaissance dans son travail effectif d'une part et, d'autre part, des révélations fournies par une matière longuement élaborée !

La couleur d'une cerise, si l'on prend cette couleur comme objet d'une expérience immédiate, n'est guère plus qu'un signe de sa maturité. C'est l'expérience de la ménagère au marché qui renvoie son achat à la semaine prochaine quand les cerises ayant leur pleine couleur auront vraiment du goût, quand elles mériteront la dignité de la confiture. Le peintre, à son tour, jouit avec l'intensité des couleurs multiples et contrastées, des couleurs irisées du fruit. Il sait bien que, suivant les heures, tout le ciel bleu, tout l'or du soleil viennent travailler la cerise rouge. Et si elle est au cerisier, pendue sous quelques feuilles bien composées, dans la jeunesse de l'été, le peintre donne à la cerise la charge de faire « chanter » l'arbre vert.

Mais ces expériences utilitaires ou esthétiques, comestibles ou rutilantes devraient être étudiées dans le domaine même où elles se développent, au besoin dans les échos de subjectivité qui leur donnent la gloire facile des philosophies de l'intuition. Mais elles ne peuvent être des thèmes centraux pour le problème philosophique de l'objectivité des qualités de la matière. Il faut suivre les efforts d'une connaissance discursive d'expériences bien ordonnées pour vraiment décider si les qualités de la matière sont des fantômes de l'esprit ou si elles ont une racine profonde dans une réalité bien désignée, dans une réalité qui se désigne par la précision progressive des expériences, quand la conscience de connaître se double de la conscience de *bien connaître*.

Alors partons bien, partons clairement, partons sûrement. Prenons une matière colorée dont on ne discute pas la couleur. Prenons un morceau d'or. Nous sommes sûrs, par une sorte de tautologie ontologique, que l'or est jaune d'or. Toute ontologie des qualités commence par un dogmatisme de l'intuition du sujet. Il n'est pas rare de voir se fonder une double doctrine du concret où le philosophe affirme à la fois la réalité de son intuition et la prise évidente d'un concret matériel visé par cette intuition.

Mais voyons, sur notre exemple, la science au travail.

Alors quel étonnement quand on nous apprend, dans les premiers cours de chimie, que, sous forme de feuille mince — assez mince pour ne plus avoir sa *qualité* de substance opaque — l'or

laisse passer une belle lumière verte ! Mais le réaliste a bien vite fait d'assimiler cette contradiction qualitative. Il dit tranquillement : l'or *est* jaune par réflexion, l'or *est* vert par transparence. Ce sont là *deux* propriétés de cette substance. Et le philosophe peut même prendre prétexte de cette *contradiction* qualitative pour enrichir le caractère concret de l'or. Il n'y a qu'une substance éminemment *concrète* qui puisse ainsi recevoir des caractères divergents. Une substance qui n'aurait qu'une qualité ne serait pas loin d'être une « abstraction réalisée ». Et voilà les perspectives de l'irrationalisme qui s'ouvrent. Avec quel empressement l'irrationalisme des substances ne profite-t-il pas des contradictions intimes ! Rien de mieux qu'une contradiction pour individualiser un être ! Les romanciers savent ça.

C'est sous cette forme doublement dogmatique d'une substance à deux couleurs que l'on connut la « couleur de l'or » jusqu'à la fin du premier quart du xx^e siècle. Comme le dit Rouard (1) : « Les lames solides très minces étaient utilisées il y a une vingtaine d'années dans un certain nombre d'appareils ou de techniques, mais leur étude apparaissait aux physiciens comme quasi terminée ; seuls quelques attardés s'y intéressaient encore qu'attirait peut-être la simplicité des moyens matériels à mettre en œuvre pour s'y livrer. »

Mais voici que depuis dix ans les découvertes se multiplient dans ce domaine : les lames minces n'ont pas *une couleur bien définie* si précisément on ne leur donne pas une épaisseur bien régulière, une *épaisseur bien définie*. Par transparence, voici un jeu de couleurs de l'or suivant les épaisseurs de la feuille : « Il est vert-jaunâtre au-dessus de 4 $m\mu$; il devient bleu-vert puis franchement bleu vers 2,7 $m\mu$ et enfin rose violacé vers 1,5 $m\mu$. » (Rouard, *loc. cit.*, p. 122.)

Autrement dit, la définition de la couleur est liée à une définition très méticuleuse de l'épaisseur de la matière. La couleur d'une matière est un phénomène de l'étendue matérielle ou, plus exactement, de l'extension de la matière.

Ainsi, une technique d'aminçissement et une détermination de mesures fines sont ici conjointes pour préciser la *production* d'une *qualité substantielle*. Car nous sommes ici en présence, non pas d'une *observation* d'un phénomène, mais bien de la *production* d'un phénomène. Et la connaissance physique des lames minces est dès lors solidaire d'une phénoménotechnique et non plus seulement d'une phénoménologie. L'activité de l'homme est ici

(1) Cf. *Journal de physique et le radium*, avril 1949, p. 120.

manifeste. Cette activité instaure entre l'esprit oisif et le monde contemplé la *réalité humaine*. Le problème classique de la « réalité du monde extérieur » reçoit un troisième terme. Le rationalisme appliqué qui apporte des preuves par la technicité est la philosophie transactionnelle qui évince les doutes généraux. La puissance de variation phénoménotechnique est une instance nouvelle de la philosophie. Elle double le réel par le réalisé. La nature ne connaît pas l'or vert, encore moins l'or bleu, encore moins l'or rose violacé. Il n'y a qu'un or dans la nature : l'or lourd, opaque, jaune, l'or que les alchimistes et les astrologues conjoignaient symboliquement au soleil, en menant des rêveries excessives à l'occasion d'un matérialisme naïf, enraciné dans « le donné ».

Au « donné » se substitue le « travaillé ». Et le travail des matières se répercute en un travail des notions. Les philosophes aiment à redire que l'on ne peut pas séparer la notion de *couleur* de la notion de *surface* colorée. Nous rencontrons dans la phénoménotechnique que nous invoquons un *conditionnement géométrique* plus fort. Étudiant l'or en lame mince, la science technique distingue d'abord ce qu'une lame *réfléchit*, ce qu'elle *absorbe*, ce qu'elle *transmet*. Des pouvoirs sélectifs se trouvent, en quelque manière, révélés par la simple *épaisseur*. Cela suggère une géométrisation active, une géométrie de la *production* de la couleur.

Traduire cette géométrisation dans une formule substantialiste en disant que l'or a telle propriété est, de toute évidence, une simple habitude d'expression. La pensée substantialiste doit être, en cette occasion, psychanalysée, modérée, relativisée. En inscrivant cette propriété qu'est la couleur dans la profondeur de la substance, à la manière de l'ontologie classique qui énonce sans plus : l'or *est* jaune, le philosophe réaliste se priverait des nouvelles leçons philosophiques de l'expérience scientifique qui vient de susciter des fonctionnalités matérielles nouvelles. Ne peut-on pas voir ici un bon exemple des *modes* qui viennent travailler un *attribut* au point de le pulvériser en des thèmes expérimentaux multiples ? Nous recevons là, nous semble-t-il, une preuve que l'expérience *extérioriste* vient conditionner la substance intime. Pour employer un néologisme que nous avons déjà proposé dans notre *Philosophie du Non*, néologisme qui résume le présent commentaire : une *substance*, finement étudiée, se révèle une *ex-stance*. Les propriétés d'une substance sont solidaires d'une expérience qui la conditionne *extérieurement*. L'unique n'a pas de propriétés.

Mais ce conditionnement extérioriste de la substance nous parait avoir une telle importance philosophique que nous allons y

revenir, dans un nouvel axe de preuves, quelques pages plus loin. Auparavant nous voulons donner un léger dessin de ce que serait une discussion entre un Hylas et un Philonous, tous deux instruits par les progrès de l'expérience et la pensée scientifiques modernes.

Il ne faudrait pas croire, en effet, que cette perte des qualités colorées, cette pulvérisation de qualités matérielles de premier aspect, pourrait servir d'argument à l'*idéaliste* qui poserait, en contrepartie de ces caractères fugitifs de la matière, la permanence de l'esprit connaissant. Nos observations, tout compte fait, ne profitent pas à l'idéalisme, elles profitent au rationalisme, ce qui est bien différent. Plus exactement, nos observations justifient l'instance du rationalisme appliqué, philosophie intermédiaire qui devrait être personnalisée en un troisième personnage central qui aurait raison à la fois contre un Hylas et contre un Philonous. Pourquoi cette tranquille assurance d'avoir raison ? Précisément parce que, de toute sûreté, c'est ici l'expérience, l'expérience raisonnée, qui suscite les preuves de son enchaînement et marque, par des qualités produites, les différents maillons d'une chaîne d'expériences. L'esprit est ici une activité d'*expériences ordonnées* suivant un principe de classement dont il est le *maître*. Il ne saurait être victime d'apparences illusoire, d'une fantasmagorie d'un réel fuyant. La notion d'ordre surplombe ici la notion de réel et institue un réalisme de l'ordre. L'esprit est conscient de son objectivité progressive. L'activité rationaliste a *ordonné en série* des propriétés bien spécifiées : l'or sera jaune, vert, bleu, rose violacé dans cet ordre rigoureux en suivant la technique d'amincissement. Aucun scepticisme ne peut s'exercer ici sur la notion d'ordre. L'ordre est garanti par la corrélation de deux ordres : l'ordre des amincissements et l'ordre des colorations. Les fantaisies du sujet idéaliste n'y peuvent rien. Une autre mise en ordre serait un *désordre*. Si vous trouviez le rose avant le bleu vous feriez une faute dans votre technique d'amincissement.

Ainsi le matérialisme travaillé s'oppose aussi bien au matérialisme naïf qu'à l'immatérialisme. Les qualités instituées par le matérialisme instruit échappent à la dialectique de l'en-soi et du pour-soi. Elles fondent l'instance de la rectification du réel, marque profonde de l'activité rationaliste. Le réel rectifié, ordonné, est une réalité humaine solidaire de la société technique d'une époque de progrès bien défini. Les techniciens réunis peuvent, au lieu d'un *pour-soi*, parler justement d'un pour-nous. Ainsi le problème de la connaissance du monde extérieur ne peut plus être détaché de ses caractères *culturels*. L'histoire de la connaissance amenée jusqu'à l'actualité décline les questions

d'origine, les aspects d'immédiateté, l'acceptation passive des phénomènes naturels.

D'autres thèmes du conditionnement de l'expérience de la matière vont nous permettre d'accentuer encore ces remarques philosophiques.

Nous ne nous demanderons pas, en suivant la question massive des idéalistes, si les corps matériels existent quand nous ne les percevons pas. Nous nous demanderons seulement si l'or *est* jaune quand on ne l'éclaire pas, quand il est laissé dans la nuit de la terre profonde, au fond de la mine obscure, dans le règne de la Reine Noire des contes de Hoffmann.

On sait, depuis plusieurs siècles, que l'or a la couleur qu'il refuse. Si on l'éclaire avec une lumière blanche, il absorbe toutes les autres couleurs et renvoie le jaune. Si on l'éclairait avec une lumière privée de la couleur jaune, il ne serait plus jaune. La couleur n'est donc pas un véritable *attribut* de la substance. C'est une activité — mieux, une réactivité — qui se manifeste dans des conditions déterminées ; cette activité est, en quelque manière, exstantielle et non pas substantielle. Or, les conditions dites naturelles ne peuvent garder aucun privilège d'explication, dès qu'on aborde la philosophie de la *technique créante*. En fait, les *a priori* de l'expérience scientifique sont des conditionnements bien définis qui écartent, par principe, le flottement et l'imprécision des conditions naturelles. Pour étudier les facteurs de réflexion, de transmission, d'extinction, on attaquera la lame métallique avec une lumière de longueur d'onde bien déterminée, avec une couleur *définie*. Et c'est alors en raison de notions théoriques bien coordonnées, c'est-à-dire avec une conscience claire de l'organisation rationnelle des *concepts d'examen* qu'on tentera une expérience sur une lame mince d'une épaisseur déterminée. Alors l'esprit scientifique tout à la positivité de sa tâche, tout attentif à l'application de sa méthode, a pour ainsi dire un double besoin de vigilance. Il est, dans le sens husserlien, « l'esprit vigilant ». Il est plus que conscient de la conscience ; il est conscient de la conscience bien orientée. L'esprit accède aux valeurs du bien pensé. C'est ici l'entrée de la conscience rationaliste. Nous sommes alors loin de l'absurdité des choses et de la gratuité de l'esprit. Cette absurdité et cette gratuité, l'esprit rationaliste pourra sans doute en connaître, tout comme un autre, peut-être même plus facilement qu'un autre. Ne bénéficie-t-il pas, pour cet examen, de la dialectique du savoir valorisé et de la connaissance brute, de l'opposition de l'enchaînement apodictique et des ivresses du

coq-à-l'âne. Peut se détendre surtout celui qui s'est tendu. Aussi la psychologie de la détente où se complaît la psychologie naturaliste ne fait que rendre plus claire, par contraste, l'existence de ce que nous avons appelé dans une conférence à la Société de Philosophie de Paris le *tonus rationaliste*. Et c'est ce tonus qui se définit au mieux dans le dualisme de l'esprit scientifique et de la réalité instituée techniquement, au nœud même d'un couplage métaphysique bien défini.

Pourquoi un métaphysicien n'aurait-il pas le droit de prendre conscience de l'activité de son esprit dans l'effort même des coordinations techniques qui lui permettent de « monter une expérience » et finalement de s'instruire rationnellement sur des documents empiriques ? Rien n'indique mieux le réalisme du rationnel que certains renversements de perspective de connaissances. Par exemple, en ce qui concerne les expériences sur la couleur des lames minces, la technique primitive que nous venons d'indiquer se donnait l'épaisseur de la lame. Mais une fois réalisée la coordination de la couleur et des données géométriques, on peut aussi bien *calculer* l'épaisseur de la lame à partir d'une détermination optique de la couleur. Ces corollaires expérimentaux ne sont sans doute pas rares dans les sciences physiques. Mais ils sont peu connus du philosophe ; mal appréciés aussi dès qu'on garde à la connaissance commune une valeur de base. C'est pourquoi le philosophe abuse souvent de la notion de *donné*, sans utiliser le doublet éminemment actif : *donné-coordonné*.

Dans ces conditions, le philosophe a-t-il le droit de dire que la matière nous est donnée ? La voici connue très indirectement par un calcul visant cette détermination qui passait pour la plus simple : son étendue. Très indirectement, puisque c'est le *calcul d'une longueur d'onde d'une couleur* qui permet de déterminer l'épaisseur d'une lame matérielle. Du seul fait de ce passage de la physique *mesurée* à la physique *calculée*, toutes les conséquences algébriques des lois peuvent devenir des suggestions d'expériences. C'est en utilisant de telles suggestions qu'on a été amené à déposer sur les vitres des couches métalliques minces « anti-reflets » et qu'on obtient le « verre invisible ». On peut tout aussi bien, dans certaines techniques des lames minces, « accroître notablement le facteur de réflexion d'un métal poli, tout en le protégeant contre la corrosion » (1). Bref la technique d'amincis-

(1) Pierre COTTON, Détermination graphique de certaines propriétés optiques de lames simples ou composées, *Annales de physique*, 1947, p. 218. Cf. thèse de PERROT, *Annales de physique*, 1944 et 1945.

sement des lames métalliques modifie de fond en comble les rapports de la lumière et de la matière.

Mais le philosophe ne nous suit plus. Quand nous lui exposons tous les desseins rationalistes et techniques d'un matérialisme calculé qui étudie une matière algébriquement, il nous objecte que mesures et calculs ne sont que des artifices d'expérience et de pensée et que nos longues polémiques perdraient leur intérêt si nous voulions bien revenir au simple principe de la connaissance concrète. Dans cet idéal de la connaissance concrète, la connaissance de la matière reçoit des coefficients qu'on donne comme décisifs au niveau des premiers aspects. Alors oui, l'or est jaune, il est jaune sur le drap blanc de Mme Grandet, jaune sous les yeux éblouis d'Axel et de Sara, jaune sur les masques du tombeau de Mycène. Ces masques, d'Annunzio ne les a-t-il pas vus, revus, intacts dans la *Ville morte* ? Pour le prodigue comme pour l'avare, l'or est jaune. Cette couleur jaune est ainsi l'objectivité de l'or pour des *subjectivités dispersées*. Mais la science n'est nullement attachée à cette objectivité première. Il semble même que l'*objectivité* pour l'esprit scientifique augmente avec les déformations et les transformations de l'expérience première. Nous en allons avoir, dans le paragraphe suivant, de nouvelles preuves.

III

Nous venons de considérer les phénomènes multiples de la couleur d'une substance en rapport avec une variation d'étendue de cette substance. Mais en étudiant les plus minces des lames on n'atteint pas encore les problèmes réellement moléculaires de la substance. Il nous faut donc entraîner le philosophe vers les problèmes chimiques plus intimes où la couleur d'une substance est mise en rapport avec la structure même des molécules.

Avant d'entrer dans des détails techniques, faisons face à quelques objections préalables qui peuvent venir à l'esprit d'un philosophe traditionaliste. Nous allons en effet proposer une instance philosophique nouvelle : celle de la *couleur construite*. Et avant l'examen de cette notion, le philosophe peut déclarer qu'elle sera toujours un détour inutile puisqu'il faudra toujours en venir aux problèmes philosophiques de la *couleur perçue*. Dans une telle vue, il importe peu de savoir qui *donne* la couleur, la nature ou la science, on a toujours le droit de la prendre comme une *donnée*. La peinture faite avec une couleur naturelle ou une couleur artificielle relève de la même critique d'art. Et ainsi le philosophe

s'accorde le droit de refuser les problèmes philosophiques qui naissent de l'évolution de la pensée scientifique. Il croit à la fixité des problèmes primitifs. Mais notre débat n'est pas là : notre but, dans ce paragraphe, est de suivre le déplacement du problème de la substantialité d'une qualité et d'arracher ainsi de son irrationalisme foncier la doctrine des qualités.

La preuve du rationalisme chimique de la couleur tient en quelques lignes : avant la construction, dans une genèse moléculaire, des groupes chromophores, qu'était la couleur ? Rien. La couleur d'une molécule n'appartient pas aux atomes isolés. Par une géométrie d'assemblage des atomes non colorés s'établissent des couleurs bien caractéristiques de l'assemblage. La couleur est un résultat de la construction ; c'est un fait de structure. Et cette structure, le chimiste la suit fragment par fragment. Dans bien des cas, le chimiste construit pièce par pièce le phénomène de la couleur.

Quand maintenant la critique idéaliste voudra reprendre le débat du « réalisme de la couleur », elle se trouvera devant un autre type de réponses : le rationalisme viendra ici à l'appui du réalisme. La couleur fait la preuve de son être du fait même de l'organisation rationnelle de sa production. Elle n'est pas un simple état du sujet percevant puisque c'est le sujet rationaliste qui en détermine la création.

Souvent une affirmation immatérialiste ou idéaliste est soutenue par une fantomatisation du réel. On insiste sur le caractère fugace et variable de la perception ; on répète que la perception est une hallucination vraie ; il suffit alors de montrer la relativité de sa vérité pour rapprocher de plus en plus le perçu et l'illusoire : on entre alors doucement dans les limbes de l'idéalisme et la Philosophie devient un monologue de l'être rêvant devant ses fantômes.

Mais le rationalisme ne se laisse pas ainsi fantomaliser. Le chimiste pense la couleur dans l'épure même qui guide sa création. Et là, il y a une réalité objective indestructible, une réalité objective communicable, une réalité sociale marchandable. Qui fabrique l'aniline connaît la réalité et la rationalité de la couleur.

Sous cette dernière forme, l'argument peut paraître un peu gros. Mais il suffit d'ouvrir un livre de chimie sur l'industrie des colorants pour le voir se multiplier en mille traits, en mille preuves où l'esprit de finesse ne manque pas d'occasions de s'exercer. En effet, l'épure particulière qui décide de la fabrication d'une matière colorante particulière appartient à une science étendue qui domine les *possibilités de coloration*. Les diverses

épures de la couleur sont alors liées les unes aux autres par une doctrine rationnelle.

Dans cette doctrine rationnelle, la matière colorée n'a plus aucun caractère de contingence. La contingence ne peut plus trouver place dans l'armature toute rationnelle de la substance réalisée. La couleur construite doit être *bien construite*, c'est-à-dire construite en conformité de l'épure de construction. Un atome déplacé suffirait à anéantir la construction. L'accord de l'idée et de la chose est ici au plus proche. La couleur construite élimine, par principe, toute contingence. S'il y a contingence, elle n'est pas dans les « lois de la nature », encore moins dans les lois de la technique scientifique. Il faut reporter cette contingence dans le sujet percevant. Peut-être même cette contingence du sujet a-t-elle son siège dans le réduit du solipsisme. Ce serait alors dans cette contingence du sujet qui s'isole qu'il faudrait chercher les racines de l'irrationalisme. Il ne serait pas difficile de montrer que la pseudo-racine de l'irrationalisme dans les choses est une projection de la revendication d'une originalité radicale du sujet.

Mais ce n'est pas présentement notre problème. Voyons le chimiste à l'œuvre quand il fabrique, suivant la technique moderne, des substances colorantes.

Il semble que l'art du chimiste consiste d'abord à déplacer la zone de la qualité. Il joue sur un clavier bien ordonné, un clavier ordonné sur la propriété quasi universelle de la longueur d'onde. Expliquons-nous sur un exemple. Le benzène, sous sa forme pure, n'est pas coloré, il est transparent à l'égard de la lumière blanche, de la lumière *visible*. Mais on sait de reste que ce n'est là qu'une qualification relative à l'œil humain. On a reconnu que le benzène avait des bandes d'absorption pour la lumière ultra-violette, lumière invisible à notre œil, mais pour laquelle certaines plaques photographiques ont une sensibilité. En d'autres termes, en lumière généralisée, c'est-à-dire, en considérant l'ensemble des rayonnements, le benzène est coloré.

En provoquant alors dans la molécule de benzène certaines substitutions, le chimiste obtient des corps dérivés du benzène dont les bandes d'absorption passent de la lumière ultra-violette à la lumière visible. Les groupes d'atomes qui ainsi substitués à un atome d'hydrogène dans le benzène provoquent un tel déplacement de la couleur sont appelés des groupes chromophores. C'est par un tel déplacement qu'il faut expliquer la couleur jaune du nitrobenzène. Le philosophe substantialiste aura beau jeu pour affirmer qu'il n'y a rien là de bien nouveau, rien qui réclame un changement des valeurs ontologiques. Il se contente d'enregistrer,

dans le découlu des affirmations empiriques : le benzène est incolore — le nitrobenzène est jaune. Il est tout prêt à continuer empiriquement la nomenclature de son savoir. Mais, là encore, il perd le bénéfice d'une leçon de phénoménologie matérialiste. Il y a une *liaison* entre les deux faits. Le chimiste propose un déplacement du fait, une loi qui lie des faits. Dans le nitrobenzène subsiste en très grande partie le squelette du benzène. Mais cette très importante portion de la molécule ne persiste pas à absorber le rayonnement de la lumière généralisée dans l'ultra-violet. La substitution d'un seul radical nitrile à un atome d'hydrogène a déplacé la région d'absorption de la molécule, a coloré la molécule.

Il ne conviendrait pas de penser non plus trop substantiellement ces radicaux qui provoquent un déplacement des zones d'absorption. On les appelle, ces radicaux, des chromophores, mais ils déplacent la couleur plutôt qu'ils ne la portent. On les classera donc en deux espèces : les bathochromes et les hypsochromes. Les premiers déplacent la couleur du côté des grandes longueurs d'onde, du côté des vibrations d'une tonalité plus grave. On dit parfois qu'ils approfondissent la couleur.

Les hypsochromes provoquent le déplacement inverse. On dit qu'ils éclaircissent la couleur. Ferdinand Henrich prévient justement (1) que ces termes d'approfondissement et d'éclaircissement peuvent produire des confusions. Précisément, comme toute dénomination imagée, de tels termes offusquent la signification rationnelle, signification si simple quand on la prend dans sa réalité quasi numérique d'un déplacement dans l'échelle des longueurs d'onde.

La texture des propriétés chimiques et optiques est si serrée qu'on peut saisir des réciprocités où des connaissances chromométriques affinent des connaissances proprement chimiques. Henrich (*loc. cit.*, p. 417) écrit ainsi : « Par une étude approfondie de l'absorption lumineuse, A. Hantzsch a démontré l'existence de différences très subtiles dans les acides carboxyliques et leurs dérivés, et, sur cette base, il a pu édifier une nouvelle théorie de ces acides. » Le philosophe qui veut se rendre compte de la cohérence de l'esprit scientifique devra méditer, aux points de croisement de méthodes différentes, ces corrélations des expériences diverses. Il faut mettre ces enrichissements de méthode au dossier de la bi-compréhension dont nous avons dit l'importance dans un chapitre antérieur.

(1) Ferdinand HENRICH, *Les théories de la chimie organique*, trad. PAYOT, 1925, p. 402.

Nous ne pouvons naturellement pas donner ici une idée suffisante du prodigieux travail de la chimie des colorants. Un lecteur philosophe qui ouvrirait un traité serait étonné du grand nombre de lois qui dirigent la technique. Il comprendrait aussitôt qu'il y a une différence philosophique radicale entre la couleur décrite et la couleur construite. Il verrait s'instituer toute une science qui prévoit rationnellement la couleur. Pour participer à cette prévision théorique de la couleur à créer, il faudrait naturellement s'instruire. Il faudrait suivre la lente classification des radicaux chimiques qui par addition à des molécules incolores donnent des colorants déterminés. S'il s'agissait des couleurs naturelles, il semblerait qu'une fleur nouvelle augmenterait, par sa nuance jamais vue, la contingence qui se ravive à toutes les découvertes. C'est le contraire dans le matérialisme construit. Alors la contingence s'élimine dans la proportion même où augmente le nombre des couleurs construites. On voit de mieux en mieux la légalité des différentes séries de colorants.

Dans cet axe du progrès technique, l'activité rationaliste du chimiste est de plus en plus manifeste. Dans leur livre récent, Paul Meunier et Andrée Vinet (1) ne manquent pas de signaler cette activité du matérialisme rationaliste. Ils notent que le chimiste « a toujours cherché à deviner la couleur d'un corps en regardant sa formule développée ». La plume à la main, devant sa feuille blanche, le chimiste moderne a rêvé des développements de formules qui devraient, si le laboratoire pouvait réaliser ses projets, construire une couleur déterminée. Le chimiste fait ainsi, pour ainsi dire, de la *couleur écrite*. Il s'agit bien en effet d'écrire la formule chimique d'une matière colorante avant de la réaliser. Une telle union de pensée abstraite et d'expérience concrète est, croyons-nous, un clair exemple de cette activité abstraite-concrète que nous résumons dans une philosophie du rationalisme appliqué.

IV

Mais il y a encore, pour la couleur, un autre axe de rationalité, car la notion de couleur, avec la notion de fréquence de vibration, a trouvé sa variable fondamentale. A chaque couleur la physique a assigné une fréquence. L'ordre des couleurs est tout simplement l'ordre de leurs fréquences.

Sur ce point, nous pouvons être fort bref, car nous avons déjà,

(1) Paul MEUNIER et Andrée VINET, *Chromatographie et mésométrie*, Paris, 1947, p. 2.

dans un chapitre de notre livre, *Le rationalisme appliqué*, envisagé le problème. Nous avons en particulier montré la nette différence entre la linéarisation totale des phénomènes de l'optique scientifique et la circularité des couleurs telles qu'elles s'ordonnent biologiquement dans la perception. Faut-il rappeler en effet qu'alors que la physique met aux extrémités du spectre lumineux le rouge et le violet, la biologie, analysant notre perception, doit ranger les couleurs en cercle en plaçant l'un près de l'autre le rouge et le violet.

Est-ce là une contradiction de la science ? Une opposition entre les deux sciences : la physique et la biologie ? Certainement non. La double ordination nous invite simplement à séparer les domaines, à nous rendre compte que les phénomènes de la vision demandent des recherches particulières. La chimie rétinienne, la physiologie des cellules nerveuses doivent précisément étudier ce problème spécial de l'ordination circulaire des couleurs perçues.

Dès lors, si l'on ne mêle pas les genres, on ne peut trouver aucune objection contre l'ordination toute linéaire des couleurs examinées dans leur réalité physique. Bien plus, on sait que l'échelle des fréquences des phénomènes lumineux se continue dans les deux sens, d'un côté les rayonnements infra-rouges et hertziens et de l'autre côté les rayonnements ultra-violets, rayons X, rayons γ , comme nous le disions plus haut. La lumière est donc rationalisée parce qu'elle est, en quelque manière, universalisée.

Un philosophe du concret aura vite fait de dire qu'en généralisant la lumière, qu'en universalisant la couleur, nous avons tout perdu de ce qui luit, de ce qui brille. Il oublie que le bonheur de voir est le bien de tous.

CONCLUSION

CONNAISSANCE COMMUNE ET CONNAISSANCE SCIENTIFIQUE

« Peu d'hommes ont une connaissance nette de la ligne de démarcation qui sépare le connu du connu. »

LORD FRAZER, *Esprits des blés et des bois*, Préface.

« Ce sont plutôt les générations qui se corrigent, que les hommes : c'est la jeunesse encore exempte de préjugés, et indifférente aux systèmes qui en juge le plus sainement. »

DE LUC, *Lettres physiques et morales sur l'histoire de la terre et de l'homme*, Paris, 1779, t. I, p. 174.

I

Plusieurs fois, dans nos différents ouvrages consacrés à l'esprit scientifique, nous avons essayé d'attirer l'attention des philosophes sur le caractère décidément spécifique de la pensée et du travail de la science moderne. Il nous a toujours semblé de plus en plus évident, au cours de nos études, que l'esprit scientifique contemporain ne pouvait pas être mis en continuité avec le simple bon sens, que ce nouvel esprit scientifique représentait un jeu plus risqué, qu'il formulait des thèses qui, de prime abord, peuvent heurter le sens commun. Nous croyons, en effet, que le progrès scientifique manifeste toujours une rupture, de perpétuelles ruptures, entre connaissance commune et connaissance scientifique, dès qu'on aborde une science évoluée, une science qui, du fait même de ces ruptures, porte la marque de la modernité.

Si une semblable thèse épistémologique a été prise parfois comme un simple paradoxe, c'est qu'on la jugeait sur une base élargie où l'esprit scientifique — surtout formulé à partir des sciences humaines — a effectivement une audience naturelle. Alors l'esprit scientifique continue et développe les qualités de

clarté, d'ordre, de méthode, de sincérité tranquille, qui sont l'apanage de l'homme intelligent de tous les temps, de l'homme heureux d'apprendre, de « l'honnête homme » si caractéristique de la culture classique.

Mais précisément le but que nous nous étions assigné, c'était de quitter ces *généralités* épistémologiques et d'appeler la réflexion philosophique sur l'esprit scientifique *stricto sensu*, sur l'esprit scientifique spécialisé — en est-il d'autres désormais ? — sur l'esprit scientifique nettement déterminé par une cité scientifique qui organise les spécialisations.

Cette spécialisation, dûment hiérarchisée, entraîne une dynamisation particulièrement heureuse pour l'esprit scientifique. Elle implique en effet une réforme fondamentale des principes du savoir, elle réagit aussi bien en profondeur qu'en surface. Dans un examen à courte vue, on pourrait croire la spécialisation chimique victime du bétail, mais en fait une étude spécialisée d'un corps très particulier peut révéler des traits caractéristiques de *l'être matériel*. La spécialisation, c'est du travail bien placé, efficace, organisé. De toute manière, les nouvelles matières sont des apports absolus. Comment n'appelleraient-elles pas une nouvelle théorie de la connaissance objective ?

En effet, quand nous lisons dans un livre de chimie contemporaine que « la structure cristalline de la glace est analogue à celle de la wurtzite », qui est un sulfure de zinc, nous savons que nous sommes, de toute évidence, dans une autre perspective de pensées que celle des philosophies de la nature. Nous avons déserté la ligne des expériences primitives, des intérêts cosmiques primitifs, des intérêts esthétiques. Nous comprenons que l'intentionnalité tant qu'elle est dirigée sur un objet naturel nous laisse à une objectivité occasionnelle. C'est à la fois une intentionnalité sans grande profondeur subjective et sans portée vraiment objective. Une telle intentionnalité va tout au plus nous donner une révélation de la conscience oisive, de la conscience libre précisément parce qu'elle n'a pas trouvé un véritable intérêt de connaissance objective, un véritable engagement. C'est bien là l'intentionnalité papillotante d'un existentialisme de la conscience solitaire.

Précisément dans le simple exemple que nous venons d'évoquer où l'on peut, en pleine conscience d'artificialité, comparer la glace et le sulfure de zinc, on voit apparaître la rupture de l'intentionnalité de la connaissance scientifique et de l'intentionnalité de la conscience commune. La spécialisation est un gage d'intentionnalité strictement *pénétrante*. Elle renvoie, du côté du sujet, à des couches profondes, où le *rationnel* est plus profond que le simple

conscientiel. Dans une expérience qui engage la culture, comme le veut le rapprochement glace-wurtzite, il y a, pour le moins, conscience dédoublée de l'observation et de l'expérimentation, il y a adjonction d'une nécessaire facticité à l'acceptation première du fait naturel. Nous sentons bien que la spécialisation est une racine de culture. Il n'y a pas de spécialisation sans une conscience approfondie, sans un approfondissement de la conscience.

Mais l'avantage philosophique du travail scientifique pour une méditation de cet approfondissement rationaliste de la conscience, c'est que ce travail est productif, c'est qu'il est matériellement novateur : il détermine la création de matières nouvelles. Et puisque nous avons retrouvé au cours du présent livre bien des traces de cette essentielle novation, de cette double novation de la pensée et de l'expérience scientifiques, nous pouvons accentuer notre thèse et revenir, avec des arguments nouveaux, sur le problème philosophique posé par l'existence d'un nouvel esprit scientifique ou plus exactement par la promotion d'existence que représente un esprit scientifique marqué par un progrès incontestable. La chimie moderne — et *a fortiori* la chimie contemporaine — ne peut ni ne doit rien laisser à son état naturel. Nous l'avons dit, elle doit tout purifier, tout rectifier, tout recomposer. La rupture entre nature et technique est peut-être encore plus nette en chimie qu'en ce qui touche les phénomènes étudiés par la physique. Nous pouvons donc ici, sur des exemples précis, comme nous l'avons fait dans notre livre *Le rationalisme appliqué*, mettre la discontinuité épistémologique en pleine lumière. Mais auparavant, pour donner au problème du progrès de la science son horizon philosophique, examinons de plus près quelques objections préalables formulées par les partisans de la *continuité culturelle*. Après avoir répondu à ces objections un peu lointaines, à ces objections périphériques, nous en viendrons à l'examen de la nette frontière entre la connaissance commune et la connaissance scientifique.

II

Une des objections les plus naturelles des *continuistes de la culture* revient à évoquer la *continuité de l'histoire*. Puisque l'on fait un *récit continu* des événements, on croit facilement revivre les événements dans la continuité du temps et l'on donne insensiblement à toute histoire l'unité et la continuité d'un livre. On estompe alors les dialectiques sous une surcharge d'événements mineurs. Et en ce qui concerne les problèmes épistémologiques qui

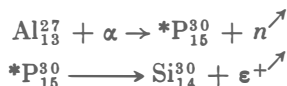
nous occupent, on ne bénéficie pas de l'extrême sensibilité dialectique qui caractérise l'histoire des sciences.

Et puis les continuistes aiment à réfléchir sur les origines, ils séjournent dans la zone d'élémentarité de la science. Les progrès scientifiques furent d'abord lents, très lents. Plus lents ils sont, plus continus ils paraissent. Et comme la science sort *lentement* du corps des connaissances communes, on croit avoir la certitude définitive de la continuité du savoir commun et du savoir scientifique. En somme, voici l'axiome d'épistémologie posé par les continuistes : puisque les débuts sont lents, les progrès sont continus. Le philosophe ne va pas plus loin. Il croit inutile de vivre les temps nouveaux, les temps où précisément les progrès scientifiques *éclatent* de toute part, faisant nécessairement « éclater » l'épistémologie traditionnelle.

Pour légitimer cette notion « d'éclatement », voici des références et des faits.

Riezler se référant aux 600 isotopes découverts ou créés par l'homme en une seule décade voit là, précisément, une évolution explosive, « eine stürmische Entwicklung » (1).

Une découverte comme celle de Joliot-Curie énoncée dans ces deux simples lignes :



bouleverse, *en quelques semaines*, tout un secteur de la science de la matière. Jean Thibault a signalé lui-même l'importance de cette découverte résumée en deux lignes.

Hevesy, au Colloque sur les « Échanges isotopiques et structures moléculaires », qui eut lieu à Paris en 1948, dit (p. 107) : « Pour ceux qui ont vécu le développement de la radioactivité depuis ses débuts, la découverte de la radio-activité artificielle apparaît comme un miracle. » Oui, pourquoi le savant qui vit le progrès scientifique intimement n'aurait-il pas le droit de prendre un mot, aussi exceptionnel dans sa bouche, pour dire ses impressions ?

A propos de cette découverte de la radio-activité artificielle, Pollard et Davidson (*loc. cit.*, p. 8) insistent aussi sur le développement étonnant, « the astonishing development » du champ des connaissances humaines. Depuis 1933, disent-ils, jusqu'à 1945 (date de la parution de leur livre), le nombre des radio-éléments

(1) Wolfgang RIEZLER, *Einführung in die Kernphysik*, 2^e édit., Leipzig, 1942, p. 132.

artificiels est passé de 3 à 300. Cette prolifération extraordinaire de l'ontologie matérialiste ne peut naturellement pas être, du dehors, estimée à son prix. C'est pourquoi le philosophe ne s'étonne pas de ce développement étonnant. Il lit et relit des généralités qui condamnent la technique. Il ne donne aucune attention au caractère éminemment désintéressé de certaines recherches techniques, il n'en voit pas la beauté intellectuelle, il reste étranger à l'harmonie qui apparaît dans cette multiplicité d'êtres bien ordonnés. Ils déshumanise ainsi un effort prodigieux de l'esprit humain, l'effort même de la cité scientifique devant un monde à créer dans une extraordinaire nouveauté.

En mai 1948 (le mois a maintenant une réalité dans la bibliographie scientifique), F. B. Moon écrivant la préface pour le livre *Artificial radioactivity* paru à Cambridge en 1949 s'excuse de ne pouvoir donner une liste complète des corps pourvus de radioactivité artificielle. Il ajoute : « Le sujet se développe si rapidement que de telles listes deviennent rapidement incomplètes. » La science de la matière s'accroît si vite que l'on ne peut plus en faire le bilan. Dans un tel fourmillement de découvertes, comment ne pas voir que toute ligne de continuité est toujours un trait trop gros, un oubli de la spécificité des détails ?

D'ailleurs, il faut demander aux savants eux-mêmes la conscience des discontinuités de la science contemporaine. Ils désignent ces discontinuités avec toute la précision désirable. Dans la préface au colloque du C. N. R. S. sur *La liaison chimique* (avril 1948, publié en 1950), Edmond Bauer, rappelant le mémoire fondamental de Heitler et London sur la molécule d'hydrogène paru en 1927, écrit : « Ce mémoire marque une véritable discontinuité dans l'histoire de la Chimie. Depuis, les progrès furent rapides. »

En ces instants novateurs, la découverte a une si grande pluralité de conséquences qu'on touche, de toute évidence, une discontinuité du savoir. La molécule d'hydrogène n'est plus un simple détail du matérialisme, un objet de recherche comme les autres. La molécule d'hydrogène, depuis le mémoire de Heitler et London, est un motif d'instruction fondamentale, une raison d'une réforme radicale du savoir, un nouveau point de départ de la philosophie chimique. Mais c'est toujours la même chose, le philosophe n'aborde pas la zone des discontinuités effectives ; il affirme donc tranquillement la continuité du savoir.

Une deuxième manière d'estomper les discontinuités dans le progrès scientifique est d'en attribuer le mérite à la foule des

travailleurs anonymes. On aime à dire que les progrès étaient « dans l'air » quand l'homme de génie les a mis à jour. Alors entrent en considération les « atmosphères », les « influences ». Plus on est loin des faits, plus facilement on évoque les « influences ». Les influences sont sans cesse évoquées pour les plus lointaines origines. On les fait traverser les continents et les siècles. Mais cette notion d'influence, si chère à l'esprit philosophique, n'a guère de sens dans la transmission des vérités et des découvertes dans la science contemporaine. Sans doute les travailleurs se groupent, sans doute ils coopèrent dans la recherche. Ils forment maintenant des équipes, des écoles. Mais le génie de certains laboratoires est fait à la fois de critique et d'innovation. L'autocritique des travailleurs de laboratoire contredit par bien des côtés tout ce qui relève d'une « influence ». Peu à peu, tout ce qu'il y a d'inconscient et de passif dans le savoir est dominé. Les dialectiques fourmillent. Le champ des contradictions possibles s'étend. Dès qu'on aborde la région des problèmes, on vit vraiment dans un temps marqué par des instants privilégiés, par des discontinuités manifestes. En lisant un livre comme celui de Gamov et Critchfield sur la physique nucléaire, on voit combien les savants ont conscience de l'imperfection de leurs méthodes, de la désharmonie des méthodes. « Ce n'est pas satisfaisant », voilà une locution qui revient presque à chaque paragraphe. Jamais ce *rationalisme essayé* que représentent les méthodes nouvelles n'a été plus divers, plus mobile, plus surveillé. Ainsi le rationalisme scientifique qui doit assimiler les progrès de l'expérience va tout à l'envers du dogmatisme du rationalisme succinct. Dépendre l'esprit scientifique comme un esprit canalisé dans le dogmatisme d'une vérité indiscutée, c'est faire la psychologie d'une caricature démodée. Le tissu de l'histoire de la science contemporaine est le tissu temporel de la discussion. Les arguments qui s'y croisent sont autant d'occasions de discontinuités.

Un troisième ordre d'objections est pris par les continuistes de la culture dans le domaine de la pédagogie. Alors, puisqu'on croit à la continuité entre la connaissance commune et la connaissance scientifique, on travaille à la maintenir, on se fait une obligation de la renforcer. Du bon sens on veut faire sortir lentement, doucement, les rudiments du savoir scientifique. On répugne à faire violence au « sens commun ». Et dans les méthodes d'enseignement élémentaire, on recule, comme à plaisir, les heures d'initiations viriles, on souhaite garder la tradition de la *science élémentaire*, de la *science facile* ; on se fait un devoir de faire

participer l'étudiant à l'immobilité de la connaissance première. Il faut pourtant en arriver à *critiquer* la culture élémentaire. On entre alors dans le règne de la culture scientifique difficile.

Et voici une *discontinuité* qu'on n'effacera pas aisément en invoquant un simple relativisme : de *facile*, la chimie est devenue, soudainement, *difficile*. Elle est devenue difficile non seulement pour nous-même, non seulement difficile pour le philosophe, mais vraiment *difficile en soi*. Les historiens des sciences n'accepteront sans doute pas qu'on caractérise la culture scientifique de notre temps comme spécifiquement difficile. Ils objecteront que dans le cours de l'histoire tous les progrès ont été difficiles et les philosophes répéteront que nos enfants apprennent aujourd'hui à l'école facilement ce qui a demandé un effort extraordinaire aux génies solitaires des temps révolus. Mais ce relativisme qui est réel, qui est évident, ne fait que mieux ressortir le caractère absolu de la *difficulté* des sciences physique et chimique contemporaines dès qu'on doit sortir du règne de l'élémentarité.

Et ce n'est pas une question d'aptitude. Pour certains esprits, les mathématiques les plus élémentaires peuvent rester difficiles. Mais en ce qui concerne la chimie, il semblait qu'elle fût une sorte d'érudition des faits matériels, qu'elle réclamât seulement longue patience et minutieuse expérience. On la disait science de mémoire. Voilà précisément ce qu'elle n'est plus.

Les chimistes sont formels à cet égard. A la fin du xix^e siècle, dit Lespiau (1), l'étudiant ne rencontrait dans la chimie « qu'une poussière de faits sans cohésion » ; il prenait pour axiome « cette phrase si souvent répétée de nos jours encore (en 1920) : la chimie n'est qu'une affaire de mémoire. Au sortir du lycée, il lui restait l'impression que cette science (?) n'avait aucune valeur éducative. S'il venait cependant par la suite à écouter un cours de chimie organique professé par un atomiste, son opinion se modifiait. Les faits s'enchaînaient, il suffisait d'en apprendre quelques-uns pour se trouver en savoir beaucoup ». Excellente expression de l'intelligibilité inductive qui ordonne un empirisme informe. Les faits scientifiques se multiplient et cependant l'empirisme diminue. Voilà la mémoire des faits soumise à la compréhension des lois. Dans cette voie, la révolution épistémologique continue. Dans la chimie contemporaine, il faut comprendre pour retenir. Et il faut comprendre dans des vues synthétiques de plus en plus complexes. La *chimie théorique* est fondée. Elle est fondée en étroite union avec la *physique théorique*. Au début de notre siècle,

(1) R. LESPIAU, *La molécule chimique*, Paris, 1920, p. 2.

se faisait jour sous le nom de *chimie physique* une science bien délimitée, particulièrement riche en expériences bien définies. De nos jours apparaît une *chimie théorique-physique théorique* qui donne aux sciences physico-chimiques un commun rationalisme. Le point d'interrogation qu'indiquait Lespiau à la suite du mot « science » (?) pour symboliser le doux mépris des éducateurs de son temps à l'égard d'une étude qui occupe inutilement la mémoire, ne traduit que le scepticisme des ignorants, le scepticisme des philosophes qui décident des valeurs de culture en se reportant au temps de leur scolaire adolescence.

Pour nous référer à un texte contemporain, n'y a-t-il pas une sorte de défi ironique dans la phrase qui termine la préface que R. Robinson écrit pour le difficile traité de M. J. S. Dewar : *The electronic theory of organic Chemistry* (Oxford, 1949) : « En conclusion, je souhaite un plein succès à ce tout récent effort pour généraliser notre science en un de ses plus fascinants aspects. Ils sont passés les jours où la chimie organique pouvait être stigmatisée comme un travail de mémoire et les étudiants qui se confieront à Dewar pour qu'il les conduise à travers le territoire nouvellement conquis verront bientôt pourquoi cela est vrai. »

Ainsi, il devient aussi impossible d'apprendre la chimie sans la comprendre que de réciter par cœur, sans ces petits achoppements qui ne trompent jamais le professeur perspicace, la leçon de mathématiques. Et si vous vous croyez cette puissance de mémoire, il vous suffira d'ouvrir le manuel de Dewar — ou celui de Pauling — ou celui d'Eistler — ou celui de Bernard et d'Alberte Pullman pour éprouver vos forces. Abordez la chimie difficile et vous reconnaîtrez que vous êtes entré dans un règne nouveau de rationalité.

Cette difficulté de la science contemporaine est-elle un obstacle à la culture ou est-elle un attrait ? Elle est, croyons-nous, la condition même du dynamisme psychologique de la recherche. Le travail scientifique demande précisément que le chercheur se crée des difficultés. L'essentiel est de se créer des difficultés *réelles*, d'éliminer les fausses difficultés, les difficultés imaginaires.

En fait, tout le long de l'histoire de la science, on peut déceler une sorte d'appétit pour les problèmes difficiles. L'orgueil de savoir réclame le mérite de vaincre la difficulté de savoir. L'alchimiste voulait que sa science fût difficile et rare. Il donnait à son savoir la majesté de la difficulté. Il couvrait de difficultés cosmiques, morales, religieuses, le problème des transformations matérielles. Il avait donc essentiellement *le comportement du*

difficile. En somme le savoir alchimique réalisait le *pour soi* de la difficulté. Et comme le réalisme des manipulations alchimiques était défaillant, l'alchimiste projetait son appétit de la difficulté, ce *pour soi* de la difficulté en une sorte d'*en soi* du difficile. Il voulait résoudre un grand problème, percer le grand mystère. Trouver le mot de l'énigme lui eût donné la toute-puissance sur le monde.

Souvent l'historien qui veut mettre au jour ces pensées obscures tombe sous la séduction de ces difficultés périmées. Il ajoute encore à la difficulté où s'embarrassait l'alchimiste, la difficulté de se reporter, après les évolutions multiples de la pensée scientifique, au moment de l'histoire où les intérêts de la recherche étaient tout différents des nôtres. Mais toutes les ombres péniblement reconstituées disparaissent quand on place les anciens problèmes — les faux problèmes — en face d'une objectivité définie. On s'aperçoit que l'expérience alchimique ne peut être « montée » dans un laboratoire moderne sans qu'on ait immédiatement l'impression qu'on fait à la fois une caricature du passé et une caricature du présent. Tout au plus certains grands savants contemporains aiment à placer, comme frontispice de leurs ouvrages, la vieille gravure d'un vieux livre reproduisant l'alchimiste devant ses fourneaux. Ne faut-il pas mettre cette nostalgie des anciens mystères au compte de cet inconscient qui accompagne l'esprit scientifique comme nous l'indiquions dans le début de cet essai ? On retrouverait alors un thème de continuité : ce serait la continuité de ce qui ne change pas, la continuité de ce qui résiste aux changements. Mais ce n'est plus là qu'est le problème épistémologique que nous traitons. En fait « les difficultés de l'alchimie » représentent, comparées aux difficultés du matérialisme moderne, un pur anachronisme. Entre les difficultés de jadis et les difficultés du présent, il y a une totale discontinuité.

Enfin, pour en terminer avec cette esquisse d'une polémique périphérique contre les partisans de la continuité de la culture scientifique, nous ferons remarquer que le langage peut être aussi fallacieux dans les sciences physiques que dans les sciences psychologiques pour des esprits non avertis, pour des esprits qui ne sont pas attentifs à l'évolution même du langage de la science. La nomenclature chimique ne saurait être définitive comme la table des déclinaisons d'une langue morte. Elle est sans cesse rectifiée, complétée, nuancée. Le langage de la science est en état de révolution sémantique permanente.

Parfois l'épistémologue continuiste est trompé, quand il juge la

science contemporaine, par une sorte de continuité des images et des mots. Quand il a fallu imaginer l'inimaginable domaine du noyau atomique, on a proposé des images et des formules verbales qui sont entièrement relatives à la science théorique. Il ne faut naturellement pas prendre ces formules à la lettre et leur donner un sens direct. Une constante transposition du langage rompt alors la continuité de la pensée commune et de la pensée scientifique. Sans cesse, il faut remettre les expressions nouvelles dans la perspective des théories que les images et les formules résument.

Tel est le cas, par exemple, de l'image que Niels Bohr présenta pour condenser certaines lois du noyau atomique sous le nom de « goutte d'eau ». Cette image « aide admirablement, disent Pollard et Davidson (*loc. cit.*, p. 194), à comprendre le comment et le pourquoi de la fission ». Sous le couvert de cette image de la « goutte » où s'agglomère les nucléons, on pourra dire que l'incorporation d'un neutron supplémentaire augmente l'énergie interne du noyau, autrement dit la « température » du noyau. A la suite de cette augmentation de « température », une émission d'un corpuscule pourra se faire suivant un processus qu'on appellera une « évaporation ». Mais les mots goutte, température, évaporation doivent naturellement être mis entre guillemets. Pour les physiciens nucléaires ces mots sont en quelque sorte tacitement redéfinis. Ils représentent des concepts qui sont totalement différents des concepts de la physique classique, *a fortiori* bien différents des concepts de la connaissance commune. Il obtiendrait un beau succès d'hilarité, celui qui demanderait si la physique nucléaire fabrique un thermomètre pour mesurer « la température » d'un noyau !

Il n'y a donc aucune *continuité* entre la notion de la température du laboratoire et la notion de la « température » d'un noyau. Le langage scientifique est, par principe, un néo-langage. Pour être entendu dans la cité scientifique, il faut parler scientifiquement le langage scientifique, en traduisant les termes du langage commun en langage scientifique. Si l'on portait son attention sur cette activité de traduction souvent masquée, on s'apercevrait qu'il y a ainsi dans le langage de la science un grand nombre de termes entre guillemets. La mise entre guillemets pourrait alors être confrontée avec la mise entre parenthèses des phénoménologues. Elle révélerait, cette mise entre guillemets, une des attitudes spécifiques de la conscience de science. Elle est solidaire d'une déclaration de conscience de méthode. Le terme entre guillemets hausse le ton. Il prend, au-dessus du langage commun, le ton scientifique. Dès qu'un mot de l'ancienne langue est ainsi

mis, par la pensée scientifique, entre guillemets, il est le signe d'un changement de méthode de connaissance touchant un nouveau domaine de l'expérience. Nous pouvons bien dire que du point de vue de l'épistémologue, il est le signe d'une rupture, d'une discontinuité de sens, d'une réforme du savoir.

Le concept de « température du noyau atomique » totalise même deux réformes. Il avalise d'abord, dans un nouveau domaine, la notion cinétique de température telle qu'elle a été introduite dans la science par la thermodynamique classique, et il transpose ensuite ce concept scientifique dans une sphère d'application où le concept classique ne s'applique pas normalement. On voit se structurer divers étages du conceptualisme de la science : la « température » du noyau est une sorte de concept de concept, un concept qui n'est pas un concept de première abstraction. On l'emploie parce qu'on est au clair sur la signification rationnelle classique du concept de température, lequel concept a déjà été détaché par la physique classique, de ses significations sensibles immédiates.

Mais en prenant des exemples aussi savants, nous nous donnons trop beau jeu. Nous allons reprendre le débat de la discontinuité de la connaissance scientifique à l'égard de la connaissance commune en étudiant des cas plus simples, en nous plaçant à des époques moins vigoureusement scientifiques, où l'on donne encore une grande attention aux caractères sensibles immédiats des phénomènes chimiques et physiques.

III

Nous nous bornerons à deux exemples. Dans le premier, nous exposerons le véritable entêtement d'un grand savant qui veut rester dans l'immédiat et qui expose pesamment un monument de naïveté. Dans le second exemple, nous exposerons au contraire la longue patience d'un chimiste qui finit par écarter le privilège des données sensibles pour déterminer les caractères naturels d'une substance nouvelle.

Dans le premier exemple nous allons voir que le fait scientifique évolué a bien peu de chance de se développer par une accumulation d'*observations naturelles*. Quoi qu'on dise, au cours de la science on ne revient pas « à la nature ». Bien plutôt, on doit prendre conscience de la science qui déjà a transformé le fait naturel en fait scientifique. Dans cet exemple, nous allons voir aussi que le génie n'est plus, dans la science moderne, une garantie

de compétence universelle. Un grand savant dans l'ordre de la biologie, un des plus grands observateurs de la nature animée va nous apparaître comme un physicien et un chimiste manifestement en retard sur son époque par le seul fait qu'il veut ramener une science déjà solidement constituée à des expériences banales. J. B. Lamarck, en effet, a écrit de nombreux mémoires pour réfuter la chimie de Lavoisier. Dans le troisième mémoire, lu à l'Institut en 1797, il écrit (1) : « Je demande à quiconque a observé ce qui se passe dans la combustion, s'il a jamais vu un corps (concret et sans incandescence) brûler avant que celles de ses parties qui brûlent aient acquis une couleur noire ; et si cette couleur que ce corps acquiert n'est pas le terme d'une série de colorations diverses qu'il éprouve successivement à mesure que son état de combinaison s'altère, jusqu'à ce qu'il soit parvenu à ce terme extrême de coloration. » Théophraste donnait déjà ce même axiome de sens commun : « Toutes choses brûlées deviennent noires (2). » Par cette observation commune, Lamarck prétend nous ramener à la plus simple phénoménalité, aux phénomènes de la coloration et c'est par l'évolution de la coloration au cours d'une combustion qu'il croit pouvoir spécifier les différents stades de la combustion. Le terme extrême de la coloration est donc pour Lamarck le noir et le noir est un antécédent nécessaire de la combustion. Primitivement le noir est *masqué* par une suite de couleurs qui vont jusqu'au blanc superficiel. Aller au réel profond, au noir fondamental, c'est *démasquer* la substance. Ce démasquage se fera par la violence du feu. Lamarck donne dans la suite de ses *Mémoires* de nombreuses échelles « chronométriques » qui doivent permettre, d'après lui, de suivre l'évolution de nombreux phénomènes de la matière. Avec les couleurs ordonnées d'une manière sans doute singulière, Lamarck pense avoir les éléments d'une sorte de sensualisme intellectualisé, il croit toucher directement la réalité par ses caractères dominants.

Pour une théorie si spéciale aux applications si nombreuses, voici une expérience de base (*loc. cit.*, p. 60) : « Présentez au feu un papier blanc ; vous verrez qu'à mesure que le feu calorique pénétrera dans sa substance, s'insinuera entre ses principes, en altérera

(1) J. B. LAMARCK, *Mémoires présentant les bases d'une nouvelle théorie physique et chimique*, Paris, an V, p. 59.

(2) Si nous voulions réanimer les discussions que nous avons envisagées au début du présent ouvrage nous pourrions ici prendre de nombreux documents dans l'histoire de la médecine. Par exemple un médecin au début du XVII^e siècle développe de longues considérations sur cette coloration en noir des matières brûlées. Cf. Jourdain GUIBELET, *Trois discours philosophiques*, Evreux, 1608, p. 228 et suiv.

l'arrangement et l'état de combinaison, et démasquera graduellement son *feu fixé*, vous verrez, dis-je, ce papier se colorer aussi graduellement. Il prendra d'abord une teinte jaunâtre ; et vous le verriez passer successivement au *jaune*, à l'*orangé*, au *rouge*, au *violet*, au *bleu*, et enfin au *noir* avant de brûler, si l'inégalité d'altération de ses molécules agglutinées n'offrait un mélange de molécules déjà *noires*, parmi d'autres qui ne sont encore que *jaunes*, que *rouges*, que *bleues*, etc., mélange qui produit la couleur rousse qui succède à la teinte jaune, se rembrunissant par degré. Mais toutes ces molécules arrivent nécessairement chacune à la couleur *noire* avant de brûler, c'est-à-dire à un état de découvrement complet du *feu fixé* qu'elles contiennent. »

Qui aurait la patience de lire les longs et nombreux mémoires de Lamarck sur les sciences physiques reconnaîtrait le danger de promouvoir l'observation usuelle au rang de l'expérience scientifique. Il sentirait bien vite le caractère naïf de cette prise « concrète » sur la « réalité ». Pour un esprit scientifique moderne, de tels mémoires sont *illisibles*. On s'étonne qu'un corps savant ait pu en supporter la lecture dans le temps même où la culture scientifique était déjà engagée dans la solution de problèmes bien posés. En somme, au temps de Lamarck, la science chimique avait reçu déjà un tel développement que le retour à une expérience personnelle était proprement un « anachronisme ». Si Lamarck se fût mis à l'école de la chimie de son temps, il eût tout de suite reconnu que la combustion du papier, telle qu'il la décrivait, était vaine phénoménologie — une phénoménologie qui ne peut authentifier qu'une conscience de songe, qu'une conscience qui va perdre conscience d'elle-même. Dès la fin du XVIII^e siècle, la science de la matière avait une objectivité sociale si forte que les méditations individuelles devaient s'exercer dans un long apprentissage avant de pouvoir poser des problèmes bien définis. L'heure de l'observation naturelle, immédiate dans le domaine de la chimie était passée. L'*expérimentation*, soit dit dans le style de l'épistémologie moderne, était déjà devenue l'activité spécifique nécessaire pour faire avancer la science. Même une substance *nouvelle* devait recevoir une expérimentation à partir d'une expérimentation déjà riche en déterminations précises.

Ainsi, de l'observation à l'expérimentation, il n'y a pas, quoi qu'on le pense généralement, une filiation continue. Il y a bien plutôt un renversement de perspective. Cette remarque trouve peut-être sa preuve dans ce seul exemple que nous venons de rapporter où un observateur génial ne sait pas profiter de l'immense effort d'expériences spécifiques des expérimentateurs de son temps.

Mais voici un autre exemple, le dernier de ce livre, où l'on verra les difficultés lentement dominées au cours de la longue histoire d'une découverte chimique, d'une découverte positive, quand la matière à caractériser scientifiquement se présente en quelque manière surchargée de qualités sensibles, mal environnée aussi dans une philosophie de la nature. La lente et confuse découverte de l'ozone va nous permettre de donner un récit circonstancié de la *désensualisation* d'une connaissance chimique.

Tout historien de l'ozone doit, par récurrence, se référer aux observations et aux expériences de Van Marum. En 1785, rappelle Naquet (1), Van Marum avait reconnu que « l'oxygène devient odorant lorsqu'on le soumet à l'action répétée de l'étincelle électrique ». Voilà un fait précis attaché à une substance précise. Il semble qu'on eût pu faire tout de suite des expériences électriques similaires sur l'azote et reconnaître que l'azote, à l'encontre de l'oxygène, ne devient pas *odorant* quand on l'électrise. Mais Van Marum est invinciblement attiré par le mystère de l'électricité. Il détourne son attention de la matière même qu'il vient d'examiner et il conclut : « Cette odeur très forte nous paraît être très clairement l'odeur de la matière électrique. » Cette détermination sensualiste, cette *odeur*, voilà ce qui longtemps va donner aux recherches de faux engagements substantialistes. Qu'on reconnaisse aussi cette odeur après les grands orages d'été, quand l'air est devenu moins lourd, plus agréable à respirer, plus balsamique, voilà ce qui apporte une valeur cosmique à l'expérience de Van Marum. Cette « valeur cosmique », résultat d'une valorisation qui montre la persistance des valeurs imaginaires dont nous parlions au début du présent essai, détourne encore l'expérience de Van Marum de sa juste interprétation matérialiste. Aussi pendant plus d'un demi-siècle, la découverte de Van Marum reste inefficace.

Le problème est repris par Schoenbein en 1839. En 1840, dans une lettre à Arago, Schoenbein indique les expériences qui lui permettent « d'entrevoir la véritable cause de l'odeur électrique ». Il ne vise plus à déterminer la matière électrique pourvue de l'odeur électrique, il cherche en pur chimiste une substance chimique. Dans cette voie bien orientée vers le matérialisme chimique, les erreurs furent cependant nombreuses. A en suivre le récit, on peut voir combien la pensée et la technique scientifiques doivent recevoir de *rectifications* pour viser, au-delà de la connaissance commune, leur véritable objet.

(1) NAQUET, *De l'allotropie et de l'isomérisie*, 1860, p. 31.

Indiquons quelques-unes des premières erreurs. Schœnbein conclut d'abord que « le principe odorant doit être classé dans le genre de corps auquel appartiennent le chlore et le brome » et après avoir consulté son collègue Vischer, helléniste distingué, il proposa de lui donner le nom d'ozone, mot grec qui signifie *sentir*.

Un moment, Schœnbein, dit Naquet (*loc. cit.*, p. 33), pensa « avoir décomposé l'azote et avoir obtenu un radical analogue au chlore, radical qui, uni à l'hydrogène, constituerait l'azote ». Faut-il rappeler qu'en 1834, Balzac écrivant *La recherche de l'absolu*, donnait comme but des longs travaux de son héros Balthazar Claës la décomposition de l'azote, cet azote que « nous pouvons, dit le romancier, considérer comme une négation » ?

En 1846, Schœnbein considérait encore l'ozone comme un peroxyde d'hydrogène. Ainsi un savant de premier ordre comme Schœnbein flotte longtemps sur la nature simple ou composée de la substance *qu'il sait préparer*. Savoir préparer une substance n'apaise pas toutes les questions scientifiques que pose l'existence de cette substance. Ce seul exemple prouve combien le pragmatisme est, dans le règne de la culture scientifique, une philosophie insuffisante.

D'ailleurs, alors même qu'on eût enfin compris que l'ozone n'était autre, matériellement parlant, que de l'oxygène dans un état particulier dû à l'action de l'électricité, cette origine « électrique » continua à poser de faux problèmes. Schœnbein lui-même crut pouvoir définir, à côté de l'ozone, un autre corps qu'il appela l'antozone : l'ozone serait l'oxygène modifié par l'électricité *négative*, l'antozone l'oxygène modifié par l'électricité *positive*.

Scoutetten s'exprime ainsi à l'égard de ces deux types d'ozone (1) : « Ces deux espèces d'ozone se composent entre elles comme les deux espèces d'électricité, elles se neutralisent l'une l'autre, lorsqu'on les met en contact et l'oxygène revient à l'état neutre. » Il faudra que peu à peu le moyen de production (les effluves électriques) soit retranché de la substance produite (la forme allotropique de l'oxygène) pour débarrasser la science de ce fantôme de substance matérielle que fut l'antozone.

On reconnut assez rapidement le pouvoir désinfectant de l'ozone — pouvoir que nous expliquons maintenant par le fait que la molécule d'ozone se détruit aisément pour redonner les 3 atomes d'oxygène qui la constituent ; l'oxygène apparaît alors sous sa

(1) H. SCOUTETTEN, *L'ozone ou recherches chimiques, météorologiques, physiologiques et médicales sur l'oxygène électrisé*, Metz et Paris, 1856, p. 15.

« forme naissante » susceptible de déterminer de puissantes oxydations. Ce sont ces oxydations qui rendent compte du pouvoir désinfectant. Mais n'allons pas tout de suite à cette explication chimique. Bien plutôt suivons, au cours de l'histoire, les recherches sur le pouvoir désinfectant de l'ozone. Nous allons voir que ces recherches portent la marque d'une intense *survalorisation*.

On n'est pas loin en effet de faire de l'ozone le désinfectant providentiel qui vient détruire les miasmes et les pestilences qui infectaient le ciel d'été. Grâce à ce principe, la Nature a une *vis medicatrix* cosmique. « Des médecins et des physiologistes, dit Scoutetten que nous résumons (cf. p. 289 et suiv.) ne tardèrent point à se demander s'il n'y aurait pas un rapport étroit entre la présence ou l'absence de l'ozone atmosphérique et la manifestation ou la cessation de certaines épidémies, notamment de celle du choléra. Cette pensée imprima aux esprits un nouveau mouvement qui, de l'Europe, s'étendit au monde entier. Ce mouvement débuta en Allemagne, à Kœnigsberg. En 1852, la société de médecine de cette ville décida qu'une commission... ferait pendant un an des observations ozonométriques dans la ville... Ces observations portèrent sur 6 251 maladies aiguës, mais les médecins ne parvinrent pas à constater un rapport certain entre les maladies observées et la quantité d'ozone contenue dans l'atmosphère. »

En 1863, un docteur, H. Cook, réunit aux Indes de nombreuses observations à la suite desquelles il affirma qu'il y avait « une relation évidente entre la présence du choléra et l'absence de l'ozone et, réciproquement, la présence de l'ozone et l'absence du choléra ».

L'interprétation de ces énormes statistiques laisse d'ailleurs notre auteur devant une curieuse incertitude : « Il est très difficile de dire, confesse-t-il, si les miasmes s'accumulent parce que l'ozone n'est plus là pour les détruire, ou si l'on ne trouve pas d'ozone parce que les miasmes sont en assez grand excès pour le consommer complètement. » Cette deuxième partie de l'alternative montre assez clairement le caractère confus de cette « consommation de l'ozone par les miasmes ».

Enfin, pour accentuer cette survalorisation de la puissance de cette substance que Figuiér appelle encore, en 1872, « une curieuse substance », ajoutons, en suivant Naquet (*loc. cit.*, p. 43), qu'à côté des épidémies « dont la cause est liée, directement ou indirectement, à la disparition de l'ozone, on a pensé qu'il pourrait y en avoir qui seraient dues à son excès. Et comme l'ozone irrite les organes respiratoires, on a placé dans cette catégorie les épidémies de gripes et d'affections catarrhales en général ».

Toutes ces explications simplistes sont naturellement tombées dans l'oubli. Nous les rappelons pour montrer jusqu'où va l'esprit systématique quand il croit tenir une valeur d'explication générale.

D'ailleurs, nous n'avons retenu de la longue et difficile détermination de la nature et des propriétés de l'ozone que quelques traits. Il faudrait tout un livre pour relater la seule histoire de cette substance. Mais nous en avons peut-être assez dit pour tirer les conclusions philosophiques de ce long débat. Il nous semble que l'ozone, dont nous comprenons maintenant la constitution, dont nous écrivons sans hésitation le symbole O_3 et auquel nous consacrons un court chapitre dans nos livres élémentaires, peut être un bon exemple d'une substance longtemps *survalorisée*.

Dès le début, cette substance a un trop gros poids cosmique : elle est l'*odeur de la foudre* ; sa production par l'électricité lui confère l'importance historique de tout ce qui touche le fluide mystérieux. On est particulièrement attentif à toutes ses propriétés sensibles. Dans ces conditions, ce sera une tâche longue et difficile de faire rentrer au laboratoire cette substance « cosmique ». Cette tâche est achevée grâce à de longs efforts d'*ontologie restrictive*. Cette ontologie restrictive se présente comme une double restriction à l'égard d'une philosophie sensualiste et à l'égard d'une philosophie cosmique.

En somme, la connaissance immédiate et la connaissance commune s'accommodent des grandes légendes de la philosophie naturelle, ou réciproquement les philosophies de la nature acceptent d'amplifier des faits qui frappent l'imagination. Au contraire, la connaissance scientifique veut de prime abord circonscrire son objet. Elle va à contre-courant des vagues généralisations. Ce mouvement est visible quand une fois on a atteint, pour une connaissance scientifique, un stade avancé. Ainsi, quand on connaît la vraie nature de la molécule d'ozone, on se rend compte que les justes idées se sont formées *malgré l'histoire*, ou du moins dans un esprit dialectique qui sait, à certains points du développement historique, s'opposer à de paresseuses traditions.

V

En insistant sur un exemple aussi spécial, nous avons sans doute abusé de la patience du lecteur. Nous croyons cependant que c'est au niveau des exemples particuliers que la philosophie des sciences peut donner des leçons générales. C'est pourquoi nous avons multiplié les exemples au cours de tous nos livres dans

l'espérance qu'on reconnaîtra les différences essentielles entre une connaissance qui devient scientifique et une connaissance qui croit avoir son statut définitif au niveau de l'expérience commune.

Entre la connaissance commune et la connaissance scientifique la rupture nous paraît si nette que ces deux types de connaissance ne sauraient avoir la même philosophie. L'empirisme est la philosophie qui convient à la connaissance commune. L'empirisme trouve là sa racine, ses preuves, son développement. Au contraire, la connaissance scientifique est solidaire du rationalisme et, qu'on le veuille ou non, le rationalisme est lié à la science, le rationalisme réclame des buts scientifiques. Par l'activité scientifique, le rationalisme connaît une activité dialectique qui enjoint une extension constante des méthodes.

Dès lors, quand la connaissance vulgaire et la connaissance scientifique enregistrent le même fait, ce même fait n'a certainement pas la même valeur épistémologique dans les deux connaissances. Que « l'odeur » de l'électricité soit un désinfectant et que l'ozone soit un puissant oxydant qui désinfecte, n'y a-t-il pas entre ces deux connaissances un changement de valeur de connaissance ? D'un fait *véritable*, la chimie théorique a fait une connaissance *véridique*. A lui seul, ce *douplet du véritable et du véridique* retient l'action polaire de la connaissance. Ce doublet permet de réunir les deux grandes valeurs épistémologiques qui expliquent la fécondité de la science contemporaine. La science contemporaine est faite de la recherche des faits véritables et de la synthèse des lois véridiques. Les lois véridiques de la science ont une fécondité de vérités, elles prolongent les vérités de fait par des vérités de droit. Le rationalisme par ses synthèses du vrai ouvre une perspective de découvertes. Le matérialisme rationaliste, après avoir accumulé les faits véritables et organisé les vérités dispersées, a pris une étonnante puissance de prévision. La mise en ordre des substances efface progressivement la contingence de leur être, ou, autrement dit, cette mise en ordre suscite des découvertes qui comblent les lacunes qui faisaient croire à la contingence de l'être matériel. Malgré ses richesses accrues, ses richesses débordantes, la chimie s'ordonne dans un vaste domaine de rationalité.

Et ce n'est pas la moindre leçon de la chimie contemporaine que de nous montrer, au-delà du rationalisme de l'identité, la rationalité du multiple.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION. — Phénoménologie et matérialité	1
CHAPITRE PREMIER. — Le rationalisme arithmétique de la matière sous des formes prématurées	37
— II. — Le paradoxe du matérialisme des philo- sophes. De la généralité à la spécificité. De l'homogénéité à la pureté	61
— III. — La systématique moderne des corps simples.	82
— IV. — Le matérialisme composé	112
— V. — Les liaisons doubles. La mésomérie	154
— VI. — Le rationalisme de l'énergie en chimie	176
— VII. — Le rationalisme de la couleur	193
CONCLUSION. — Connaissance commune et connaissance scientifique	207